

Teollisuuspesukoneen modernisointi

Jesse Mäkinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Mäkinen, Jesse	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 26.05.2015
	Sivumäärä 53+9	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: (x)
Työn nimi Teollisuuspesukoneen modernisointi		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Antti Henell		
Toimeksiantaja(t) Kari Siekkinen, Pesutekno Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Pesutekno Oy:lle. Opinnäytetyössä oli mukana toimeksiantajan toinen yritys Finlead Oy. Tarkoituksena oli saattaa päätökseen Pesutekno Oy:llä jo aikaisemmin aloitettu projekti, jossa on tarkoituksena modernisoida yrityksen MAHTI-teollisuuspesukone ja tulevaisuudessa koko tuotteisto. Tavoitteena oli siirtää vanhat tiedostomuodot Ironcad-ympäristöstä Solidworks-ympäristöön, suunnitella muotoilutoimiston konseptiehdotuksen mukainen uusi ulkonäkö pesukoneelle, siirtyminen pois pesuputkistosta pesuletkustoon ja saada aikaan valmistuskuvat uusista osista ja uudesta modernisoidusta MAHTI-pesukoneesta.</p> <p>Opinnäytetyö on kehittämistutkimus. Työ alkoi nykytilanteen selvityksellä ja kuvauksella. Tämän jälkeen voitiin määritellä opinnäytetyön tavoitteet. Tavoitteiden perusteella luotiin kehitysehdotukset modernisoinnista ja ehdotusten pohjalta tehtiin pesukoneen modernisointi. Työn lopussa työn tulokset arvioitiin kriittisesti.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin MAHTI-teollisuuspesukoneen tiedostomuodot siirrettyä Solidworks-ympäristöön ja muotoilutoimiston konseptin mukaan suunniteltua uusi ulkonäkö tuotteelle. Pesuputkiston käytöstä tullaan siirtymään pesuletkuston käyttöön ja pesuletkustosta testattiin prototyyppi käytännössä. Prototyypin pohjalta suunniteltiin uudet yksinkertaisemmat osat modernisoitua MAHTI-pesukonetta varten. Käytännön testauksissa ei huomattu suuria eroja alkuperäiseen putkistoratkaisuun, mutta letkuston valmistaminen on huomattavasti helpompaa. Uuden ulkonäön vuoksi suunnitelluista uusista osista luotiin valmistuspiirustukset ja pesukoneen kokoonpanopiirustus.</p> <p>Jatkossa tuotekehitysprosessi tulee suorittaa loppuun, se tarkoittaa MAHTI-pesukoneen prototyypin valmistusta ja testausta. Prototyypistä tullaan näkemään pesukoneeseen tarvittavat muutokset ennen kuin se on valmis tuotantoon.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
teollisuuspesukone, ohutlevy, tuotekehitys, MAHTI, Pesutekno Oy, Finlead Oy		
Muut tiedot Valmistuspiirustukset liitteessä Cd-levyllä, 42 kpl		



Author(s) Mäkinen, Jesse	Type of publication Bachelor's thesis	Date 26.05.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 53+9	Permission for web publication: (x)
Title of publication Modernizing an industrial washing machine		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Tutor(s) Henell, Antti		
Assigned by Kari Siekkinen, Pesutekno Inc.		
<p>Abstract</p> <p>The bachelor's thesis was assigned by Pesutekno Inc. Finlead Inc. also took part in the bachelor's thesis. The purpose of the bachelor's thesis was to finish a project that had started earlier to modernize their industrial washing machine MAHTI and later the whole product range. The goal was to transfer old file formats from Ironcad surroundings to Solidworks surroundings, invent new outlook according to a design agency, convert the washing piping into washing tubing and to create drawings for manufacturing the new parts and the new modernized MAHTI washing machine.</p> <p>The bachelor's thesis was a development research meant for development and creating development ideas. The project started by describing the current situation that helped to define the desired goals. The development propositions of the modernization were made based on the desired goals and the modernization was carried out according to the propositions. The results of the project were evaluated in a critical way at the end of the project.</p> <p>As a result, data of MAHTI-washing machine was successfully transferred to Solidworks surroundings and a new outlook based on the design agency's concept was designed. Pesutekno Oy will use washing tubing instead of washing piping in the future and a prototype of the washing tubing was tested in action. Based on the prototype new simpler parts were designed. There was no big difference in the tubing versus the piping in the actual testing but manufacturing the tubing is much easier. Manufacturing drawings of the new parts and assembly drawings for the modernization were made.</p> <p>In the future the development process should be finished, meaning that a prototype of the MAHTI-washing machine should be manufactured and tested. The prototype will show flaws of the new product which are to be fixed before it is ready for production.</p>		
Keywords/tags (subjects) industrial washing machine, sheet metal, product development, MAHTI, Pesutekno Inc., Finlead Inc.		
Miscellaneous Manufacturing drawings attached on a Cd-disk, 42 pages		

SISÄLTÖ

1	Johdanto.....	4
1.1	Pesutekno Oy.....	4
1.2	Opinnäytetyön tausta	6
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet.....	6
2	Ohutlevyt	7
2.1	Ohutlevyjen leikkaaminen	8
2.2	Terminen leikkaaminen	8
2.2.1	Plasmaleikkaus.....	9
2.2.2	Laserleikkaus.....	10
2.3	Mekaaninen leikkaaminen.....	13
2.3.1	Suuntaisleikkaus.....	13
2.3.2	Lävistäminen.....	13
2.3.3	Vesisuihkuleikkaus.....	14
2.4	Ohutlevyjen muovaaminen.....	15
2.4.1	Rullamuovaus	15
2.4.2	Painosorvaus	15
2.4.3	Syväveto	16
2.4.4	Venytysmuovaus	16
2.4.5	Inkrementaalimuovaus.....	16
2.4.6	Nestemuovaus.....	17
2.4.7	Kulmamuovaus	17
2.5	Ohutlevyjen taivutus.....	17
2.5.1	Taivuttaminen taivutuskoneella.....	19
2.5.2	Särmäminen	19
2.6	Ohutlevyjen liittäminen	20
2.6.1	Kaarihitsaus	20
2.6.2	Puristushitsaus	21
2.6.3	Mekaaninen liittäminen	21
3	Tuotekehitys.....	22
3.1	Yleinen tuotekehitysprosessi.....	23

3.1.1	Prosessin suunnittelu.....	24
3.1.2	Konseptisuunnittelu.....	24
3.1.3	Systeemisuunnittelu.....	24
3.1.4	Detaljisuunnittelu	24
3.1.5	Testaus	25
3.1.6	Tuotannon käynnistäminen.....	25
3.2	Modulaarisuus	26
4	Koneensuunnittelun teoriaa	26
4.1	Tietokoneavusteinen suunnittelu	26
4.2	Ohutlevyosien geometriatiedot.....	27
4.3	Piirustukset.....	28
4.3.1	Osapiirustukset	29
4.3.2	Kokoonpanopiirustukset.....	31
5	Hankkeen toteutus.....	31
5.1	Uudelleen mallinnus	31
5.2	Muotoilukonseptin valinta	34
5.3	Muotoiltujen osien suunnittelu	37
5.3.1	Kattoverhoiluehdotukset	37
5.3.2	Alaosan verhoilun ehdotukset.....	38
5.4	Käyttöpaneelin suojaus	41
5.5	Pesuletkuston suunnittelu	42
5.6	Takaosan verhoilu	45
5.7	Uudet osat.....	47
6	Pohdinta	48
	Lähteet	52
	Liitteet	54
	Liite 1: MAHTI-pesukoneen elintarvikeversion esite.....	54
	Liite 2: MAHTI-pesukoneen lääkeversion esite	56
	Liite 3: Käyttöpaneelin suojakotelon kokoonpanopiirustus	58
	Liite 4: Koneistettava osa pesurin kiinnikkeeseen	59
	Liite 5: MAHTI-pesukoneen kokoonpanon osaluettelo	59
	Liite 6: Cd-levy, jossa valmistuspiirustukset	62

Taulukot

Taulukko 1: Termisille leikkausmenetelmille soveltuvia materiaaleja	9
Taulukko 2: Oikaistun pituuden v-tekijät 90° taivutuskulmalle käytettäessä vapaataivutusta.....	19
Taulukko 3: Suositeltava a-mitan suuruus suhteessa levynpaksuuteen	21

Kuviot

Kuvio 1: Tavanomaisen plasmaleikkauksen periaate	10
Kuvio 2: Laserleikkauksen periaate	12
Kuvio 3: Yleisen tuotekehitysprosessin kuusi vaihetta	23
Kuvio 4: MAHTI-pesukoneen elintarvikeversio.....	32
Kuvio 5: MAHTI-pesukoneen lääkeversio	34
Kuvio 6: Muotoilukonsepti A.....	35
Kuvio 7: Muotoilukonsepti B.....	36
Kuvio 8: MAHTI-pesukoneen kattopellit	38
Kuvio 9: Ehdotus uudesta kattoverhopellistä	38
Kuvio 10: Alaosan ensimmäinen ehdotus	39
Kuvio 11: Alaosan toinen ehdotus.....	40
Kuvio 12: Alaosan kolmas ehdotus	41
Kuvio 13: Käyttöpaneelin suojakotelo	42
Kuvio 14: Pesurin kiinnike kokoonpantuna	43
Kuvio 15: Jakotukin ensimmäinen ehdotus	44
Kuvio 16: Jakotukin toinen ehdotus	45
Kuvio 17: Pesukoneen takaosan verhoilu	46
Kuvio 18: Modernisoidun MAHTI-pesukoneen uusi ulkonäkö	47

1 Johdanto

Nykypäivänä tuotteita suunnitellaan paitsi niiden toimivuuden, mutta myös niiden ulkonäön kannalta. Tuotteiden malli-ideat tulevat monessa tapauksessa suoraan muotoilutoimistolta. Muotoilutoimistojen tehtävä ei ole suunnitella tuotteita valmiiksi. Tuotteiden suunnittelijalle jää tehtäväksi suunnitella, joskus jopa mahdottomat muotoiluratkaisut niin, että ne ovat mahdollista toteuttaa käytännössä.

Yhteiskunta on kehittynyt pisteeseen, jossa ihmisillä on mahdollisuuksia valita tuotteitaan sen mukaan, mikä heitä miellyttää visuaalisesti. Tämäkin opinnäyte-työ on saanut kipinänsä siitä, että pitkään toimivana tunnettua pesukonetuotteistoa halutaan kehittää visuaalisempaan suuntaan. Ulkonäön miellyttäessä paremmin asiakaskuntaa, voidaan ajatella levittäytymistä markkinoilla.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on toiminut Pesutekno Oy. Opinnäytetyö on suunnattu elintarvike- ja lääketeollisuuteen, jossa pelkkä tuotteen visuaalisuus ei riitä. Varsinkin lääketeollisuuden vaatimat edellytykset laitteille ovat tiukat. Laitteilta vaaditaan tarkkaa hygieniää ja tämä kuuluu Pesutekno Oy:n osamisalueeseen.

1.1 Pesutekno Oy

Pesutekno Oy on pieksämäkeläinen teollisuuspesukoneiden valmistaja. Se on perustettu vuonna 1986 Pieksämäkeläisen yrittäjän Tuomo Moilasen toimesta. Tuomo Moilasella oli sukutaustansa vuoksi näkemystä leipomoteollisuuden tarvitsemista desinfiointipesukoneista. (Kuikka 2015)

Yhtiön konemyynti on vakiintunut ensimmäisten vuosien jälkeen 30 – 50 koneen vuositasolle. Valtaosa Pesutekno Oy:n valmistamista koneista on myyty kansainvälisille markkinoille, ennen kaikkea lihanjalostamoiden tarpeisiin. (Kuikka 2015)

Yhtiö säilyi muuttumattomana vuoteen 2012 asti, jolloin muutaman hengen tamperelainen sijoitusyhtiö hankki sen omistukseensa. Sijoitusyhtiön alaisena yhtiö ajautui likviditeettikriisiin syksyllä 2013. Tämän jälkeen liiketoiminnan osti keuruulainen Finlead Oy, jonka omistaja on Kari Siekkinen. Toiminta oli vuoden 2014 marraskuuhun asti osa Finlead Oy:n toimintaa, jolloin se yhtiöitettiin uudelleen omaksi Pesutekno Oy:ksi. (Kuikka 2015)

Pesutekno Oy:n pesukoneita myydään edelleen suurimmaksi osaksi lihanjalostamoille. Elintarvikepuolella asiakaskuntaa on myös meijeri-, siipikarja- ja kalanjalostusteollisuudessa. Pesutekno Oy toimittaa myös erikoiskoneita lääketeollisuudelle. Noin 80 % yrityksen liikevaihdosta muodostuu vientitoiminnoista. (Kuikka 2015)

Pesutekno Oy:n elintarvikepuolen tuoteperheeseen kuuluvat pesukoneet TUHTI, MAHTI, KOSKI, AHTI ja TROMBI, sekä veitsien sterilointilaite. Pesutekno Oy valmistaa myös koreja ja vaunuja, jotka ovat yhteensopivia pesukoneiden kanssa, näihin voidaan ripustaa pestävät työvälineet. Tuotteissaan Pesutekno Oy käyttää materiaalina ruostumatonta terästä.

Pesukoneissa käytetään Siemensin logiikoita ja Mitsubishiin sekä Siemensin komponentteja. Lääketeollisuuden tuotteet ovat räätälöity tarkasti vastaamaan asiakkaan tarpeita. Pesukoneissa tarvittavat ohutlevytuotteet valmistaa ja toimittaa Pesutekno Oy:lle Finlead Oy. Pesukoneiden myynti, markkinointi, kokoonpano ja testaus tehdään Pesutekno Oy:llä.

Pesutekno Oy:llä jokainen rakennettu pesukone käy läpi tarkan testauksen vuotojen varalta. Testauksessa pesukone liitetään testauskoneistoon ja pesukone suorittaa siihen ohjelmoidun pesuohjelman. Testauksessa huomautetut vuodot merkataan, paikataan ja tätä jatketaan, kunnes vuotoja ei ole. Samalla voidaan testata pesukoneen pesuteho lisäämällä pesukoneeseen pestäviä tuotteita, jotka on lavastettu vastamaan oikeaa tilannetta. Tuotteita on voitu liata esimerkiksi jauhelihalle ja hevosen verellä.

1.2 Opinnäytetyön tausta

Pesutekno Oy:n pesukoneiden ulkonäkö on säilynyt lähes samana yhtiön perustamisesta asti. Koneiden levikki ja myynti on perustunut niiden toimivuuteen, luotettavuuteen sekä pesutulokseen. Pesutekno Oy:n tavoitteena on levittää markkinoitaan Eurooppaan ja Pohjois-Amerikkaan. Pesukoneille on suoritettu puhdistus- ja desinfektiokehon tutkimus. Tutkimus on suoritettu mikrobiologian ja sairaalahygienian laboratoriossa, kansanterveystieteen laitoksella, Helsingin yliopistossa.

Toimeksiantaja Kari Siekkinen on myös Pesutekno Oy:n lisäksi toisen yrityksen, Finlead Oy:n, toimitusjohtaja. Finlead Oy on keuruulainen metalliteollisuuden alihankintayritys ja se on keskittynyt ohutlevyvalmistukseen. Finlead Oy valmistaa ja toimittaa ohutlevytuotteet Pesutekno Oy:lle. Tämä yhteistyö on kuitenkin tuonut ongelman siinä, että yritysten suunnitteluohjelmistot eroavat toisistaan. Pesutekno Oy:n aikaisempi omistaja on päättänyt käyttää suunnitteluun Ironcad-ohjelmistoa ja nyt yhteistyössä pitäisi käyttää Solidworks-ohjelmistoa. Tämä tuo yhteensopivuusongelmia mallien kanssa ja tarkoittaa käytännössä sitä, että MAHTI-pesukone pitää mallintaa uudestaan Solidworks-alustalle, jotta voidaan suunnitella uutta. Tulevaisuudessa Pesutekno Oy:n on tarkoitus asteittain siirtää suunnittelu, 3D-mallit ja piirustukset Solidworks-ympäristöön.

Pesutekno Oy:llä on jo aikaisemmin ollut suunnitelmissa modernisoida MAHTI-pesukone ja toimeksianto modernisoinnista oli annettu Sweco Mecaplan Oy:lle. Toimeksiantoa ei saatu valmiiksi. Toimeksiannon aikana Sweco Mecaplan Oy tilasi MAHTI-pesukoneeseen muotoilukonseptin toiselta muotoilu/suunnittelutoimistolta. Muotoilukonsepti on valmistunut 7.1.2013 ja sitä käytetään tämän opinnäytetyön pohjana.

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet

Pää tavoitteena opinnäytetyössä on modernisoida Pesutekno Oy:n teollisuuspesukone MAHTI. MAHTI-pesukoneesta on olemassa kahta eri versiota, lääke- ja

elintarviketeollisuuteen. Aikaisemmin pesukoneesta on tehty kahta eri runkorakennetta. Opinnäytetyössä on tarkoitus myös selvittää voidaanko lääke- ja elintarviketeollisuuden pesukoneet valmistaa samasta runkorakenteesta. Alkuperäisen MAHTI-pesukoneen elintarvikeversion esite on liitteenä 1 ja lääkeversion esite liitteenä 2.

Opinnäytetyössä ei oteta kantaa pesukoneen toimilaitteisiin tai niiden toimintaan. Pesutekno Oy hoitaa pesukoneen varustelun suunnittelun. Tavoitteena on myös säilyttää MAHTI-pesukoneen pesu- ja desinfektioteho ennallaan, jotta pesu- ja desinfektiotehon tutkimusta ei tarvitse tehdä uudestaan. Tutkimus lisäisi kustannuksia turhaan.

Pesukoneesta pitäisi olla heinäkuussa 2015 uusi modernisoitu versio alan messuilla. Modernisoidun pesukoneen tulevasta ulkonäöstä on muotoilutoimisto tehnyt kaksi konseptia. Näistä konsepteista valitaan toinen, jonka pohjalta lähdetään suunnittelemaan uusia osia.

Tähän asti Pesutekno Oy:n pesukoneissa on käytetty pesuputkistoa ja nyt olisi tarkoitus siirtyä putkistosta pois, koska pesuputkiston hitsaaminen ja kokoonpano on työlästä. Tulevaisuudessa olisi tarkoitus käyttää koneissa letkuja pesuputkiston tilalla. Todennäköistä on, että letkujen avulla veden virtaus pesukoneeseen saataisiin jouhevammaksi, eikä letkujen asentaminen ja valmistaminen ole niin vaikeaa kuin pesuputkiston.

2 Ohutlevyt

Yleisesti ohutlevyksi luokitellaan levy, jonka ainevahvuus on alle 4 millimetriä. Nykyisin valmistusmenetelmät ovat kuitenkin niin kehittyneitä, että paksumpikin levy voidaan luokitella ohutlevyksi. Ohutlevytekniikkaa käytetään keventämään rakenteita, kuitenkin menettämättä rakenteen jäykkyyttä. Ohutlevytekniikalla voidaan siis vähentää materiaalin käyttöä ja silti tehdä kilpailukykyisiä tuotteita. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä, Hultin, 2011, s.3)

Ohutlevyjä voidaan leikata, muovata, taivuttaa, liittää ja pintakäsitellä. Niitä voidaan siis käsitellä aivan kuin mitä tahansa muita teräsrakenteita. Ohutlevyjä käsitellessä ja suunnitellessa täytyy kuitenkin huomioida materiaalin ainevahvuus ja niiden käsittelyyn tarvittavat oikeanlaiset työkalut.

2.1 Ohutlevyjen leikkaaminen

Usein ensimmäinen työvaihe ohutlevytuotteita valmistettaessa on sopivan kokoisen levyn leikkaaminen. Leikkaamiseen on olemassa useita eri menetelmiä ja leikkauksen jälki voi olla muotoiltu tai suora, riippuen leikkaustavasta. Suora ja muotoleikkaus voidaan tehdä polttamalla, plasmalla, vesisuihkulla, laserilla tai nakertamalla. Suoraan leikkaukseen voidaan myös käyttää kelalta leikkaamista ja suuntaisleikkausta. Kun taas muotoleikkaukseen voidaan luokitella lävistys ja kiekkoleikkaus. (Matilainen ym. 2011, s.142)

Ohutlevyn leikkausmenetelmää valittaessa täytyy huomioida leikattava materiaali sekä leikattava muoto. Kappaleen toleroinnissa tulee huomioida leikkausmenetelmä, koska menetelmien tarkkuus vaihtelee suuresti. (Matilainen ym. 2011, s.142)

2.2 Terminen leikkaaminen

Termisessä leikkauksessa leikkautuminen tapahtuu palamalla, sulamalla tai höyrystymällä tai näiden yhteisvaikutuksesta. Leikattava materiaali kuumennetaan paikallisesti korkeaan lämpötilaan ja kaasu, joka palaa, poistaa myös leikkausjätteet leikkaurailosta. (Matilainen ym. 2011, s.142)

Polttoleikkaus, plasmaleikkaus ja laserleikkaus lasketaan termisiksi leikkausmenetelmiksi. Termiset leikkausmenetelmät tuovat kilpailukykyä ohutlevytuotteisiin,

koska ne tuottavat hyvän leikkausjäljen sekä ovat joustavia muotoleikkauksessa. Taulukossa 1 esitetään termisille leikkausmenetelmille soveltuvat materiaalit. (Matilainen ym. 2011, s.142–143)

Taulukko 1: Termisille leikkausmenetelmille soveltuvia materiaaleja (Matilainen ym. 2011, muokattu)

Materiaali	Polttoleikkaus	Plasmaleikkaus	Laserleikkaus
Seostamattomat teräkset	Leikattavissa	Leikattavissa	Leikattavissa
Niukkaseosteiset teräkset (C < 0,3 %)	Leikattavissa	Leikattavissa	Leikattavissa
Seostetut teräkset	Vaatii esikuumennuksen	Leikattavissa	Leikattavissa
Ruostumattomat teräkset	Ei leikattavissa	Leikattavissa	Leikattavissa
Alumiini	Ei leikattavissa	Leikattavissa	Leikattavissa
Kupari	Ei leikattavissa	Leikattavissa	Leikattavissa

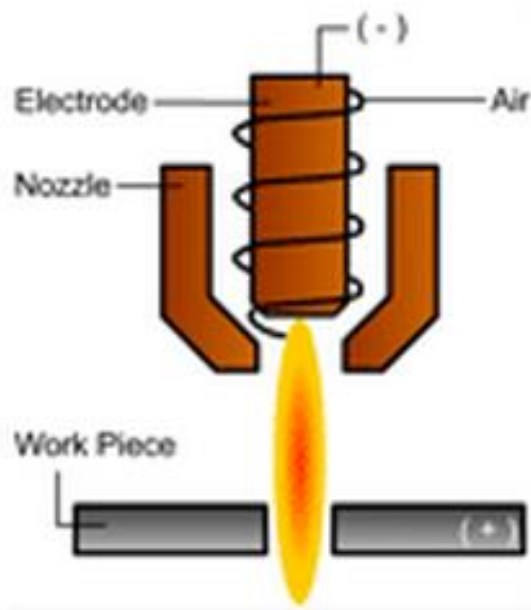
2.2.1 Plasmaleikkaus

Plasmaleikkauksessa sulatetaan ohutlevyyn railo käyttäen plasman lämpöenergiaa. Työstettävästä kappaleesta sulanut aine poistuu railosta plasman liikeenergian mukana. Tarve plasmaleikkaukselle on syntynyt siitä, että kaikkia metalleja ei voida leikata perinteisillä polttoleikkausmenetelmillä. Erona polttoleikkaukseen on se, että plasmaleikkauksessa materiaali sulaa ja polttoleikkauksessa poistettava materiaali palaa hapen avulla. Plasmaleikkausta voidaan käyttää kaikille metalleille, jotka johtavat sähköä, mutta merkittävää on juuri ruostumattoman teräksen, alumiinin ja kuparin leikkaus, koska näitä ei voida polttoleikata. (Matilainen ym. 2011, s.148–149)

Plasmaleikkaamalla voidaan saavuttaa 0,1 – 4 mm tarkkuus leikkausuran leveydessä, riippuen suuttimen leveydestä ja leikkauskoneesta sekä sen ominaisuuksista. Suutin valitaan levynpaksuuden sekä virranvoimakkuuden perusteella. Lämpövaikutusvyöhyke on tyypillisesti 0,2 – 3 mm. (Matilainen ym. 2011, s.156)

Plasmaleikkauksessa käytetään yleisesti volframista valmistettua elektrodia, jonka avulla luodaan valokaari negatiivisesti varautuneen elektrodin sekä positiivisesti varautuneen materiaalin välille. Valokaareissa lämpötila voi nousta jopa

yli 30 000 celsius asteeseen. Suutin kuristaa suurella nopeudella virtaavaa kaasua kohti valokaarta, jolloin kaasu ionisoituu ja plasmakaari syntyy. Kaasu voi olla esimerkiksi paineilmaa, typpeä, vetyä, argonia, happea tai eri kaasuseoksia. Leikkausjäljen laatua voidaan parantaa käyttämällä niin sanottua Dual-flow-plasmaleikkausta, jossa käytetään toista kaasua kuristamaan plasmakaarta. Toinen kaasu myös suojaa leikkauskohtaa epäpuhtauksilta. Dual-flow-plasmaleikkaus on yleisin käytetyistä plasmaleikkausmenetelmistä. Toisen kaasun tilalla voidaan myös käyttää vettä. Kuviossa 1 on esitetty tavanomaisen plasmaleikkauksen periaatekuva. (Matilainen ym. 2011. s.149; What is plasma?, 2015)



Kuvio 1: Tavanomaisen plasmaleikkauksen periaate (What is plasma?, 2015)

Plasmaleikkauksen ongelmina voidaan pitää alaspäin kapenevaa leikkausrailoa, yläsärmän pyöristyneisyyttä ja leikatun pinnan uurteisuutta. Alaspäin kapenevasta leikkausrailosta johtuen kappale on erimittainen ala- ja yläosastaan. (Matilainen ym. 2011, s.155)

2.2.2 Laserleikkaus

Viime vuosikymmenten aikana laserleikkaus on muodostunut yleiseksi leikkausprosessiksi teollisuudessa. Yksi syy tähän on se, että sen avulla voidaan leikata

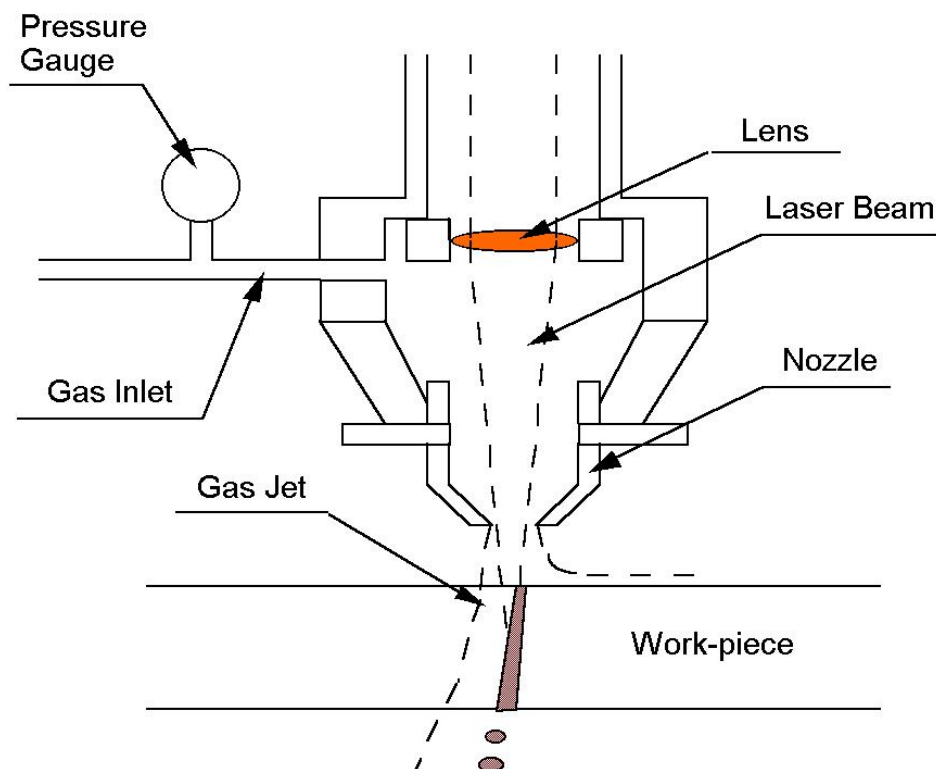
monia eri materiaaleja ja leikkauksen muoto on lähes vapaa. (Matilainen ym. 2011, s.158)

Laserleikkauksen laatu saadaan niin hyväksi, että prosessin läpikäyneet kappaleet eivät tarvitse jälkityöstöä. Laserleikkausta käytetään laajasti teollisuudessa, esimerkkeinä autoteollisuus sekä kodinkoneteollisuus. (Laser cutting 2015)

Laserleikkausprosessissa lasersäde sulattaa ja höyrystää leikkausmateriaalin. Laserilla voidaan leikata metallien lisäksi muovia ja puuta. Metallien leikkaamiseen käytetään yleisesti leikkauskaasuna happea tai typpeä. Leikkausmateriaali määrittelee kaasun valinnan. Happikaasu vaikuttaa materiaaliin luoden lisälämpöä ja usein mahdollistaa nopeamman leikkausnopeuden kuin typpikaasu. Happikaasu onkin tärkein kaasu, kun leikataan hiiliteräksiä ja niukkaseoksia teräksiä. Mitä puhtaampaa leikkauskaasu on, sitä suuremmalla nopeudella kappaleita voidaan leikata. (Laser cutting 2015)

Hapen käyttö leikkauskaasuna ruostumattoman teräksen sekä alumiinin kanssa luo ongelmia. Ruostumaton teräs menettää leikkauspinnalta korroosionkestokykynsä happikaasun luodessa oksidikerroksen pintaan. Tästä syystä leikatessa ruostumatonta terästä leikkauskaasuna käytetään typpikaasua. Typpikaasun täytyy olla täysin puhdasta, sillä pienikin määrä sekoittunutta happea voi pilata korroosionkestävyyden. (Laser cutting 2015)

Laserleikkauksen periaatekuva on esitettyinä kuviossa 2. Kuviosta nähdään sekä se, kuinka linssillä ohjataan lasersäde työkappaleeseen että kaasuvirta, jonka tehtävänä on poistaa sula materiaali leikkaurailosta.



Kuvio 2: Laserleikkauksen periaate (Effects of gas jet n.d.)

Laserleikkauksella saavutetaan noin 0,1 mm tarkkuus alle 10 mm ainevahvuuksilla. Leikkausrailon leveydet vaihtelevat 0,05 – 1,0 mm välillä, riippuen lasersäteen polttopisteen halkaisijasta sekä materiaalin paksuudesta. Levyn paksuuden ollessa alle 3 mm muodostuu leikkausrailon pinnankarheudeksi $Ra = 0,5 - 5 \mu m$. (Matilainen ym. 2011, s.164)

Leikattavan muodon vapaus laserleikkauksessa tuo valmistusketjuun merkittäviä hyötyjä verrattaessa muihin leikkausmenetelmiin. Muilla leikkausmenetelmillä tuotteen leikkausradalla on merkitystä, kun taas laserleikkauksessa rajoittavat tekijät ovat levyaihion ja työaseman mitat. Hitsaus- ja kokoonpanovaiheessa voidaan hyödyntää leikattavan muodon vapautta. Leikkaamalla voidaan tehdä olakkeita, ulokkeita ja koloja, jotka helpottavat levyjen asemointia toisiinsa. Niiden avulla voidaan jopa korvata hitsauskiinnittimiä kokonaan. Ohutlevyillä paikoitusnastojen ja kolojen sovitevälykset voivat olla noin 0,2 mm. Oikein suunnitellut paikoitusnastat voidaan muotoilla niin, että levyjen kokoonpaneminen väärin on mahdotonta. (Matilainen ym. 2011, s.164–165)

2.3 Mekaaninen leikkaaminen

Nimensä mukaisesti mekaanisessa leikkaamisessa käytetään mekaanisesti tuotettua voimaa, jonka avulla käytetään joko erilaisia teriä tai vesisuihkua. Nykysillä levytyökeskuksilla voidaan tehdä muovausta muistuttavia muotoja tai viiltää kappaletta. Kaikki materiaalit soveltuvat mekaanisille leikkausmenetelmille, kuitenkin materiaalinpaksuutta valittaessa pitää ottaa leikkaukseen vaadittava voima huomioon. Meistämällä voidaan leikata aineesta irti aihioita tai valmiita kappaleita. Mekaanisessa leikkaamisessa työkalut ovat usein suoralinjaisia teriä tai lävistimiä. Lävistimillä voidaan tehdä reikiä tai suljettuja muotoja. (Matilainen ym. 2011, s.169–170)

2.3.1 Suuntaisleikkaus

Levyistä voidaan suuntaisleikkauksella leikata suorareunaisia muotoja. Suoraviivaisista leikkausmenetelmistä ohutlevyllä suuntaisleikkaus on yleisin. Suuntaisleikkauksessa ainetta leikkaavat ylä- ja alapuolinen terä ja menetelmä voidaan suorittaa yhdensuuntaisena leikkauksena, viistoleikkauksena tai heilurileikkauksena. Heilurileikkaus on kaikkein harvinaisin edellä mainituista menetelmistä. (Matilainen ym. 2011, s.170–171)

Tarkkuutena suuntaisleikkauksessa voidaan pitää arvoa 0,1 mm. Leikkauksen lopputulokseen vaikuttavat leikkaava kone sekä leikattava materiaali. Yleisimpiä leikkausvirheitä ovat levyn kiertyminen, tasokaareutuminen ja taipuminen. (Matilainen ym. 2011, s.171)

2.3.2 Lävistäminen

Suljettuja muotoja levyihin voidaan luoda lävistämällä. Menetelmällä voidaan myös leikata kappaleen ulkoreunoja tekemällä useita vieri viereen sijoitettuja lävistyksiä, tätä kutsutaan nakerrukseksi. Lävistämisessä tärkeänä pidetään oi-

kean työkalun valintaa, koska silloin leikkausjäljestä saadaan siisti ja työkalut eivät kulu liikaa. Leikkausprosessissa käytetään leikkainta, joka sisältää tyynyn ja materiaalin lävistävän pistimen. Leikattava levy asetetaan tyynyn päälle ja leikkaantuminen tapahtuu, kun tyynyn ja pistimen aiheuttamat murtohalkeamat kohtaavat. (Matilainen ym. 2011, s.179)

Lävistettäviä reikiä suunnitellessa kannattaa käyttää mahdollisimman paljon samanmuotoisia ja kokoisia reikiä, jotta säästetään aikaa. Reikien paikoituksessa tulee ottaa huomioon levyjen taivutuskohdat. Taivutuskohdat voivat revetä tai muuttaa muotoaan taivuttaessa levyä mikäli reikiä tehdään liian lähelle taivutuskohtia. Reiän ulkoreunan ja taivutuksen sisäsäteen välillä olisi hyvä olla vähintään kaksi kertaa ainevahvuuden levyinen ehjä osa levyä. Ulkoreunasta mitoittaessa taivutuksen ja reiän välillä tulisi olla kolme kertaa ainevahvuuden levyinen ehjä osa levyä. (Matilainen ym. 2011, s.187)

2.3.3 Vesisuihkuleikkaus

Vesisuihkuleikkauksessa materiaalia leikataan, joko kovemmalla aineella kuluttaen tai sen puristuslujuuden ylittävällä painella. Tällä menetelmällä ei synny lämpöä ja sillä voidaan leikata sekä metalleja että muita materiaaleja. Vesisuihkuleikkauksella saadaan tuotteeseen hyvä pinnanlaatu leikkausuraan ja jälkikäsittely on harvoin tarpeellinen. Menetelmä toimii usein vaihtoehtona polttoleikkaukselle ja sillä voidaan leikata paksumpia materiaaleja kuin monilla muilla menetelmillä. (Matilainen ym. 2011, s.193)

Menetelmässä käytetään korkeapaineista vesisuihkua, joka voi olla 1300 – 6200 bar, jolla irrotetaan materiaalia kappaleesta samalla poistaen leikkaus-
hiukkaset leikkaurailosta. Vesisuihkuleikkaus voidaan tehdä pelkällä vedellä tai veteen voidaan sekoittaa hiontapartikkeleita eli abrasiiveja. Abrasiivinen tapa on yleisempi metalleja leikatessa. Hiontapartikkelit ovat yleisesti hiekkaa. Vesisuihkuleikkauksessa voidaan päästä jopa $\pm 0,025$ - $\pm 0,075$ mm leikkaustarkkuuteen.

Käytännössä kuitenkin tarkkuudet ovat $\pm 0,2$ mm, kun käytetään abrasiiveja. Tämä menetelmä ei aiheuta materiaaliin mikrorakennemuutoksia, koska menetelmässä ei tuoda lämpöä kappaleeseen. (Matilainen ym. 2011, s.193–196)

2.4 Ohutlevyjen muovaaminen

Yleisesti ohutlevytuotteita valmistaessa käytetään kylmämuovausmenetelmiä, näillä menetelmillä saadaan tuotteisiin suurempi lujuus, hyvä pinnanlaatu, mittatarkkuus ja suuri valmistusnopeus. Kylmämuovausmenetelmien ongelmat voidaan välttää suunnittelemalla tuotteet oikein. (Matilainen ym. 2011, s.215)

2.4.1 Rullamuovaus

Rullamuovauksessa ohutlevyä syötetään usean aseman läpi. Asemassa on rullapari, jossa on kaksi erimuotoista rullaa. Ohutlevyä syötetään rullaparin väliin. Levyssä tapahtuu plastista muodonmuutosta kohti lopullista ulkomuotoa asema kerrallaan. (Sheet metal forming 2009)

Rullamuovaamalla voidaan tehdä niin avoimia kuin suljettuja profiileja. Menetelmää käytetään yleensä, kun halutaan pitkiä tuotteita kuten esimerkiksi paneeleita ja hyllyjä. Menetelmällä voidaan muovata jopa 6 mm paksuja aineenvahvuuksia ja tarkkuus menetelmällä voi olla $\pm 0,1$ mm. (Sheet metal forming 2009)

2.4.2 Painosorvaus

Painosorvaamalla muovataan ohutlevystä erimuotoisia ja – kokoisia onttoja pyörähdyskappaleita. Menetelmässä ohutlevyä pyöritetään kovalla nopeudella ja samanaikaisesti rullaustyökalut painattavat levyä muotoiltua karaa vasten. (Sheet metal forming 2009)

2.4.3 Syväveto

Syvävetämällä voidaan tehdä kuppimaisia tuotteita kuten autojen peltiosia, polttoainetankkeja, tiskialtaita ja keittiövälineitä. Syvävetämiseen soveltuu hyvin taipuisat materiaalit. Menetelmässä ohutlevy on puristettuna veto- ja pidätinrenkaan väliin. Vetorenkaassa on muottipesä, johon ohutlevy työnnetään painimen avulla. (Sheet metal forming 2009)

2.4.4 Venytysmuovaus

Venytysmuovauksessa ohutlevyä venytetään ja taivutetaan samanaikaisesti muottiin. Ohutlevyä pidetään tiukasti kiinnitysleukojen välissä, jotka myös venyttävät kappaleen muotin päälle. Menetelmällä luodut kappaleet ovat suurempia kuin syvävedetyt ja menetelmässä materiaali ohenee, koska sitä venytetään. Tähänkin menetelmään sopivat taipuisat materiaalit ja esimerkkituotteita ovat autojen ovien paneelit. (Sheet metal forming 2009)

2.4.5 Inkrementaalimuovaus

Inkrementaalimuovausta kutsutaan myös numeeriseksi painomuovaukseksi ja muotittomaksi muovaukseksi. Kappaleen muodot tulevat suoraan CAD-piirustusten perusteella. Menetelmässä ei tarvita erityisiä muotteja, vaan aihion alle voidaan asettaa tukia tietokoneohjatun muovaustyökalun tehdessä työn. Muovaustyökalu tekee muotoa kappaleeseen kerroksittain venyttäen levyä haluttuun muotoon. Ruostumattoman teräksen materialin paksuus voi olla enintään 2 mm kyseisellä menetelmällä. (Matilainen ym. 2011, s.230–232)

2.4.6 Nestemuovaus

Nestemuovaus vastaa hyvin pitkälle syvävetoa ja venytysmuovausta. Menetelmällä voidaan kuitenkin tehdä paljon monimutkaisempia ja syvempiä muotoja kappaleisiin. (Matilainen ym. 2011, s.232)

Hydromekaaninen syväveto on kehitetty suoraan syvävedosta erotuksena se, että hydromekaanisessa käytetään nestettä painimen lisäksi muovaamaan tuotetta. Tällä tavalla levy saadaan vastaamaan painimen muotoja tarkasti. Hankaalienkin muotojen luominen edellyttää vain yhden työvaiheen nesteen avulla. (Matilainen ym. 2011, s.233)

2.4.7 Kulmamuovaus

Kulmamuovauksessa ohutlevytuotteen sivut särmätään normaalisti, mutta kulmaan jätetään osa levyä särmäämättä. Kulmien niin sanotut helpotukset voidaan sitten kulmanmuovauskoneella muokata saman säteisiksi kuin särmätyt reunat. Tällä menetelmällä voidaan jättää kappaleiden kulmiin normaalisti tulevia hitsauksia pois ja kappaleesta saadaan tasalaatuisempi ja ulkonäöstä parempi. Menetelmä soveltuu esimerkiksi ovien, paneelien ja suojakansien valmistukseen. (Matilainen ym. 2011, s.235)

2.5 Ohutlevyjen taivutus

Suunnittelijalle on tärkeää osata taivuttamiseen liittyvät periaatteet, jotta ohutlevytuotteita voidaan suunnitella. Lähes jokainen ohutlevytuote vaatii taivuttamista. Yleisimmin taivutukset tehdään särmäämällä. Taivutusprosessissa materiaali käy läpi elastisen taivutuksen, elastis-plastisen taivutuksen ja täysin plastisen taivutuksen. Nämä edellä mainitut seikat tulee ymmärtää sillä taivuttaessa levyihin syntyy takaisinjousto, joka vaikuttaa taitteen lopputulokseen. Voidaan olettaa, että kaikilla taivutuskoneilla päästään $\pm 0,5$ mm tarkkuuteen ohutlevyjä taivuttaessa. (Matilainen ym. 2011, s.239–253)

Takaisinjousto tapahtuu jossain määrin kaikissa levynmuovaustöissä. Levyä taivuttaessa taitteen keskelle jää alue, joka ei muovaudu plastisesti eli pysyvästi. Alue muovautuu elastisesti, jolloin se pyrkii palaamaan alkuperäiseen muotoonsa. Tästä johtuen kappaleeseen syntyy sisäisiä jännityksiä, koska sisäistä voimatasapainoa ei saavuteta. Kun ulkoiset voimat poistetaan kappaleesta sisäiset jännitykset pyrkivät palauttamaan kappaleen alkuperäisen muodon, kunnes voimatasapaino kappaleen sisällä saavutetaan. (Matilainen ym. 2011, s.245)

Ohutlevytuotteita suunnitellessa tulee huomioida levyn oikaistu pituus. Oikaistua pituutta laskiessa tulee huomioida, että oikaistu pituus on todellisuudessa lyhempi kuin taivutetun levyn laippojen yhteispituus. Tämä johtuu siitä, että levyä taivuttaessa se venyy. Nykyisin CAD-järjestelmät osaavat laskea levyjen oikaistun pituuden. Levyn oikaistu pituus voidaan laskea seuraavalla kaavalla. Kaavassa käytettävän v -tekijän arvot esitetty taulukossa 2. Muille kuin 90° taivutuskulmille v -tekijän arvot lasketaan standardin DIN 6935 mukaisesti. (Matilainen ym. 2011, s.250–251)

$$L = a + b - v \quad (1)$$

jossa

L	on oikaistu pituus (mm)
a	on laipan pituus (mm)
b	on laipan pituus (mm)
v	on levyn paksuuden, taivutussäteen ja kulman mukaan muuttuva korjaava tekijä (ei yksikköä)

Taulukko 2: Oikaistun pituuden v-tekijät 90° taivutuskulmalle käytettäessä vapaataivutusta. (Matilainen ym. 2011, s.251, muokattu)

Levynpaksuus s (mm)	Taivutussäde rs (mm)							
	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00	5,00
1,00	1,90	2,00	2,00	2,20	2,40	2,60	3,00	3,40
1,25		2,40	2,50	2,60	2,80	3,00	3,30	3,70
1,50			2,80	3,00	3,20	3,30	3,70	4,10
2,00				3,80	4,00	4,10	4,50	4,80
2,50					4,80	4,90	5,20	5,60
3,00						5,80	6,00	6,40

2.5.1 Taivuttaminen taivutuskoneella

Taivutuskoneella taivutettaessa levy on kiinnitetty leukojen väliin, josta se ei pääse liukumaan. Levyn reunan taivuttaa sitten taivutuspalkki, joka vierii levyn ulkopinnalla. Taivutuspalkkia voidaan operoida joko käsin tai esimerkiksi hydraulisesti. Pinnoitettujen levyjen taivutukseen tämä on hyvä menetelmä, koska esimerkiksi särmäyksessä levy pääsee liukumaan työkalua vasten. (Matilainen ym. 2011, s.239)

2.5.2 Särmääminen

Särmäys on yleisin ohutlevytuotteiden taivutusmenetelmä. Särmäyspuristin on kone, jolla voidaan puristusvoiman ansiosta taivuttaa ohutlevytuotteita. Koneessa on kaksi vastetta, joihin voidaan kiinnittää työkaluja. Työkalut sekä puristusvoima määräävät ohutlevyn luotavan muodon. Yleisimmin puristimet ovat hydraulisia, jotta riittävä puristusvoima saavutetaan. Särmäyspuristimilla särmättävien kappaleiden koot voivat vaihdella alle metrin mittaisista kymmen metrisiin kappaleisiin. Puristusvoimat voivat puristimilla vaihdella 100 – 25 000 kN välillä. Nykyaikaisia puristimia ohjataan numeerisesti. (Matilainen ym. 2011, s.240)

Yleinen särmäysmetodi on v-muottiin taivutus. Metodissa ylävasteen työkalu painattaa ohutlevyä alavasteeseen asetettuun työkaluun ja ohutlevy puristetaan täysin alavasteen työkalua vasten. Menetelmällä saadaan ohutlevy vastaamaan tarkasti haluttua v-muottia. (Sheet metal bending N.d.)

Vapaataivutuksessa tai kolmipistetaivutuksessa v-muotin reunat ja työkalu lasketaan kolmeksi pisteeksi. Menetelmässä ohutlevyä ei paineta alavasteen työkalua vasten vaan työkalun v-kärjen ja ohutlevyn väliin jätetään ilmaa. V-muotin muodolla ei ole merkitystä vaan vain käytettävällä voimalla sekä materiaalilla ja sen paksuudella. (Sheet metal bending N.d.)

2.6 Ohutlevyjen liittäminen

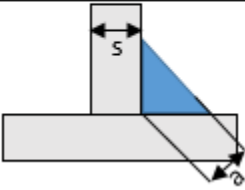
Ohutlevyjä voidaan liittää monin eri tavoin. Kuormitukset, käyttöolosuhteet, huollettavuus sekä tuotannon laitteisto vaikuttavat liittämistavan valintaan. Ohutlevyliitokset voidaan luokitella hitsaus-, juotto- ja liimaliitoksiin sekä mekaanisiin liitoksiin. (Matilainen ym. 2011, s.274)

2.6.1 Kaarihitsaus

Kaarihitsauksessa luodaan valokaari elektrodiin, joka sulaa tai ei sula, ja työkalun välille. Menetelminä kaarihitsauksessa käytetään MIG/MAG, TIG ja plasmahitsausta. MIG/MAG menetelmässä käytetään sulavaa elektrodia eli lisäainelankaa. TIG- ja plasmahitsauksessa yleisesti käytetty volframielektrodi ei sula. TIG ja plasmahitsauksen erotuksena on se, että plasmahitsauksessa hitsauslämpö luodaan plasman avulla ja menetelmällä saavutetaan paljon korkeampia lämpötiloja kuin TIG-hitsauksessa. TIG-hitsausta käytetään yleisesti käsin hitsauksessa ja kun käsitellään ohuita levyjä (0,5 – 6 mm), koska TIG-menetelmällä sulan ja tunkeuman hallinta on hyvää ja hitsausvirta voidaan pitää pienenä. (Matilainen ym. 2011, s.292–294)

Hitsien a-mittaa ja railon täytön määrää valittaessa tulee huomioida, ettei lämmöntuonti kappaleisiin ole liian suuri. Liian suuri lämmöntuonti kappaleisiin tuo hitsausjännityksiä ja ne aiheuttavat haitallisia muodonmuutoksia levyissä. Taulukossa 3 on esitetty suuntaa-antavia a-mittoja suhteessa levynpaksuuteen. (Matilainen ym. 2011, s.318)

Taulukko 3: Suositeltava a-mitan suuruus suhteessa levynpaksuuteen (Matilainen ym. 2011, s.318, muokattu)

Suositeltava hitsin mitoitus		
Paksuus s (mm)	a-mitta (mm)	
3-4	3	
5-6	4	
8-12	6	

2.6.2 Puristushitsaus

Puristushitsausmenetelmistä ohutlevyteollisuudessa käytetään yleisesti vastushitsausta, johon kuuluu piste-, kiekko-, käsnä-, tyssä- ja leimuhitsaus. Vastushitsaus on yksinkertainen menetelmä, jossa käytetään lämmönlähteenä sähkövirran synnyttämää energiaa ja vastuksena toimivat hitsattavat kappaleet osittain sulavat yhteen.

Pistehitsauksessa kaksi tai useampi levy asetetaan limittäin. Levyjä puristetaan elektrodikärjillä, joiden kautta hitsausvirta ohjataan levyihin. Virta katkaistaan, kun prosessia on saavutettu riittävä lämpötila ja puristusta jatketaan hetki, että hitsi jäähtyy ja saavuttaa riittävän lujuuden. (Matilainen ym, 2011. s.284)

2.6.3 Mekaaninen liittäminen

Mekaanisessa liittämisessä materiaalien mikrorakenne pysyy muuttumattomana, koska kappaleisiin ei tuoda lämpöä. Tekniikoita on monenlaisia ja useimmat ovat päällekkäis- ja limiliitoksia. Liittäminen tapahtuu kiinnikkeillä tai ilman niiden apua. (Matilainen ym. 2011, s.331)

Kiinnikeliitoksissa kappaleisiin tehdään usein reikiä. Reikien avulla voidaan helposti käyttää ruuveja ja nittejä. Reikiä voidaan jättää pois käyttämällä itselävisiä ja itseporautuvia kiinnikkeitä. (Matilainen ym. 2011, s.331)

Sokkoniittaus tai ns. pop-niittaus on hyvin paljon käytetty ja yksinkertainen menetelmä. Menetelmässä kappaleisiin tarvitaan esiporatut reiät. Niitit kiinnitetään niille kehitetyllä työkalulla, eivätkä ne ole irrotettavissa. Mikäli niitit halutaan purkaa, on niitin toinen pää porattava pois. Sokkoniitit soveltuvat 0,5 – 15 mm ai-nevahvuuksille. (Matilainen ym. 2011, s.336)

Pesutekno Oy:ssä käytetään yleisesti hitsausliitoksia ja mekaanisia liitoksia. Hitsausliitoksista käytössä on TIG- ja pistehitsaus. Mekaanisista liitoksista käytetään niitti- ja ruuviliitoksia.

3 Tuotekehitys

Nykypäivänä tuotekehitysprosessia ei enää voida pitää erillisenä prosessina. Prosessiin kuuluvia toimintoja on integroitu yrityksen moneen muuhun toimintaan, joten on parempi puhua innovaatioprosessista tai innovaatiotoiminnasta. (Hietikko 2008, s.41)

Tuotekehitysprosessi on sarja vaiheita, joka muuttaa määritetyt tiedot halutuksi lopputulokseksi. Tuotekehitysprosessin vaiheissa yritys kehittelee, suunnittelee ja kaupallistaa tuotteen. Kaikki yritykset eivät pysty määrittämään omaa tuotekehitysprosessiaan, kun taas toisaalla saatetaan määrittää ja seurata tarkkaan yksityiskohtaista prosessia. Yhden yrityksen sisällä saatetaan käyttää erilaisia prosesseja erityyppisiin tuotekehitysprojekteihin. (Ulrich & Eppinger 2012, s.12)

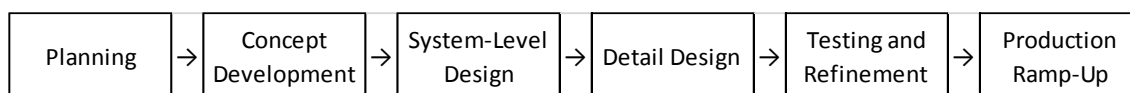
Projektimaista toteutusta, jossa on tavoitteet, resurssit ja aikataulut, voidaan kutsua tuotekehitysprojektiksi. Innovaatiotoiminta on jatkuvaa ja hajautettua jokapäiväistä toimintaa, josta tuotekehitysprojekti on yksi osa. (Hietikko 2008, s.41)

Tuotekehitysprojektista on olemassa useita erilaisia malleja. Näihin malleihin katsotaan kuuluvaksi ainakin tarvekuvaus, luovan työn vaihe ja detaljisuunnittelu. Karkeasti mallit voidaan jakaa peräkkäismalliin (vesiputousmalli) ja spiraalimalliin. Peräkkäismallissa nimensä mukaan vaiheet seuraavat toisiaan eivätkä ne voi alkaa ennen kuin edellinen vaihe on päättynyt. Spiraalimalli taas toimii niin, että vaiheita kierretään ympyrämäisesti koko prosessin ajan tarkentaen kohti lopullista ratkaisua. Nykyään on käytössä myös ns. sosiaalisen median malli, jossa useat toimijat tekevät projektia ja se etenee hallitsemattomammin. (Hietikko 2008, s.41)

Tarve tehdä tuotekehitysprosessi voi syntyä esimerkiksi asiakkaan tai yleensä markkinoiden palautteesta/tarpeesta. Tarvetta voi synnyttää myös uusi teknologia tai se, että halutaan yksinkertaisesti parantaa tuotteen toimintaa. (Hietikko 2008, s.42)

3.1 Yleinen tuotekehitysprosessi

Yleinen tuotekehitysprosessi on periaatteessa peräkkäismalli, mutta soveltaa spiraalimallia sisältämällä takaisinkytkennän. Jokaisen tuotekehitysprosessin vaiheen jälkeen prosessia voidaan arvioida. Arvioinnilla voidaan varmistua siitä, että vaihe on valmis ja projekti etenee, jolloin voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen. Yleinen tuotekehitysprosessi on esitetty kuviossa 3. Prosessi sisältää kuusi vaihetta, joka alkaa prosessin suunnitteluvaiheella. Prosessin suunnitteluvaihe on linkki teknologiakehitystoimiin ja kehittyneempään tutkimukseen. Tuloksena suunnitteluvaiheesta saadaan tehtävien kuvaus. Tehtävien kuvaus tarvitaan konseptivaiheen aloittamiseen ja se toimii myös tuotekehitystiimin ohjeena. Tuloksena prosessista on tuotelanseeraus, kun tuote saatetaan markkinoille. (Ulrich & Eppinger 2012, s.12–22)



Kuvio 3: Yleisen tuotekehitysprosessin kuusi vaihetta (Ulrich & Eppinger 2012, s.13, muokattu)

3.1.1 Prosessin suunnittelu

Prosessin suunnitteluvaihetta kutsutaan myös nollavaiheeksi, koska vaihe edeltää projektin hyväksyntää ja tuotekehitysprosessin aloitusta. Vaiheessa lähdetään tunnistamaan mahdollisuuksia nojaten yrityksen tuotestrategiaan ja tekemällä selvitykset teknologiakehityksestä ja markkinoista. Lopputuloksena vaiheesta on projektin tehtävien kuvaus, josta selviää tuotteen markkinat, liiketoiminnan tavoitteet, keskeiset oletukset ja rajoitteet. (Ulrich & Eppinger 2012, s.13)

3.1.2 Konseptisuunnittelu

Konseptisuunnitteluvaiheessa tunnistetaan markkinoiden tarpeet, luodaan vaihtoehtoisia tuotekonsepteja ja arvioidaan niiden toimivuutta, valitaan konsepteista yksi tai useampi jatkokehitystä ja testausta varten. Konseptissa voidaan määritellä tuotteen muotoa, toimintaa ja ominaisuuksia. Näiden lisäksi voidaan selventää tuotteen määrittelyä, analysoida kilpailevia tuotteita ja selventää tuotteen taloudellisia perusteita. (Ulrich & Eppinger 2012, s.15)

3.1.3 Systeemis suunnittelu

Systeemis suunnitteluvaiheessa määritellään tuotteen tuoterakennetta verrattuna sen, aiemmassa vaiheessa valittuun, arkkitehtuuriin. Vaiheessa puretaan tuoterakennetta pienempiin osiin ja komponentteihin sekä luodaan keskeisten komponenttien esisuunnitelmat. Vaiheen lopputulemana on yleensä tuotteen layout, osajärjestelmien toiminnalliset määritelmät ja alustava prosessikulkukaavio lopukokoonpanoa varten. (Ulrich & Eppinger 2012, s.15)

3.1.4 Detaljisuunnittelu

Detalji suunnitteluvaiheessa määritellään kaikkien osien geometriat eli 3D-mallit, materiaalit ja toleranssit sekä määritetään ja tunnistetaan kaikki standardoidut osto-osat. Määritellään tuotteen valmistusvaiheet ja tarvittavat työkalut sekä prosessikaavion viimeinen versio. Vaiheen lopputuloksena saadaan aikaan piirustukset ja/tai 3D-mallit tuotteen osista ja tuotantoon tarvittavista työkaluista, määrittäminen osto-osista sekä kokoonpanon prosessikaavio. Myös tuotteen kustannukset voidaan arvioida tässä vaiheessa. (Ulrich & Eppinger 2012, s.15)

3.1.5 Testaus

Testausvaiheessa rakennetaan ja arvioidaan esituotannollisia versioita tuotteesta. Alkuvaiheen prototyyppeihin tai alfa-prototyyppeihin käytetään yleensä osia, jotka ovat samankaltaisia kuin tuotannossa käytettävät. Niillä voi olla samanlaiset geometriat ja materiaalit kuin tuotantoon menevässä tuotteessa, mutta niitä ei välttämättä ole valmistettu samalla tavalla. Osia testataan niiden toimivuuden kannalta sekä sen kannalta vastaavatko ne keskeisten asiakkaiden toiveita. Myöhemmän vaiheen prototyyppeihin tai beta-prototyyppeihin käytetään osia, jotka on valmistettu tuotantoon käytettävillä menetelmillä, mutta kokoonpanoa ei välttämättä suoriteta sille suunnitellulla tavalla. Beta-prototyyppien arvioidaan sisäisesti ja niitä voidaan testata myös asiakkaan toimesta tuotteen oikeissa käyttöympäristöissä. Beta-testien tarkoitus vastata kysymyksiin tuotteen suorituskyvystä ja luotettavuudesta, jotta voidaan tehdä muutokset tuotteeseen ennen tuotannon käynnistämistä. (Ulrich & Eppinger 2012, s.15)

3.1.6 Tuotannon käynnistäminen

Tuotannon käynnistämisen vaiheessa tuotteesta valmistetaan koesarja sille suunnitelluilla menetelmillä. Vaiheen tarkoituksena on kouluttaa työntekijät uuden tuotteen valmistukseen ja selvittää kaikki tuotteen tuotantoon liittyvät ongelmat. Koesarjaa voidaan toimittaa halutuille asiakkaille arviointia varten, jotta löydetäisiin jäljellä olevat viat tuotteesta. Siirtyminen täystuotantoon tapahtuu asteittain.

tain. Siirtymisvaiheen aikana tapahtuu yleensä tuotteen lanseeraus markkinoille. Projektin ja tuotteen arviointi tapahtuu myös tässä vaiheessa, niin kaupallisista kuin teknisistä näkökulmista katsoen, jotta voidaan kehittää tuotekehitysprosessia tulevaisuutta varten. (Ulrich & Eppinger 2012, s.16)

3.2 Modulaarisuus

Moduulit ovat yksiköitä suuremmissa kokonaisuuksissa, jotka ovat rakenteellisesti itsenäisiä, mutta työskentelevät yhdessä. Kokonaisuudella täytyy olla sellainen rakenne ja runko, joka mahdollistaa itsenäisten rakenteiden yhdistämisen ja toiminnan. (Baldwin & Clark 2000, s.63)

Modulaarisessa rakenteessa yhtä moduulia voidaan muokata ilman, että sillä on vaikutusta kokonaisuuden muihin moduuleihin tai rakenteeseen. Moduuleja voidaan myös suunnitella melko hyvin erillään toisistaan. Yhdellä fyysisellä kokonaisuudella eli moduulilla on yleensä joko yksi tai muutamia toiminnallisia ominaisuuksia tuotteessa. (Ulrich & Eppinger 2012, s.185)

Tuotteen moduloinnissa tuote pyritään jakamaan valmistuksen kannalta parhaisiin mahdollisiin osakokoonpanoihin. Moduloinnin tarkoituksena on käyttää tuotteessa mahdollisimman paljon samanlaisia osia sekä vähentää tuotteen osien määrää. (Lempiäinen & Savolainen 2003, s.47)

4 Koneensuunnittelun teoriaa

4.1 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Computer-Aided Design (CAD) eli tietokoneavusteiseen suunnitteluun kuuluu tietokoneen tehokas käyttö. Tietokoneella voidaan luoda, muokata, analysoida, optimoida ja dokumentoida suunnittelua. Tietokoneavusteinen suunnittelu on

yleisimmin yhdistetty interaktiiviseen tietokonegrafiikkajärjestelmään, jota kutsutaan CAD-järjestelmäksi/ohjelmaksi. (Kamrani, Azimi, Al-Ahmari 2013, s.54)

Suunnittelija käyttää tietokoneen matemaattista ja graafista mallinnuskykyä työkaluna tuotesuunnitteluprosessin edetessä. Piirustusten laatiminen on yksi yleisimmistä osatoiminnoista, joita voidaan hyödyntää tietokoneiden avulla. Tämä toiminta on ollut voimassa jo pari vuosikymmentä ja tällöin voidaan mieluummin puhua tietokoneavusteisesta piirtämisestä kuin suunnittelusta. Nykyinen kolmiulotteinen mallintaminen on kehittynyt tuotesuunnittelussa käytettävälle tasolle vasta kuluvan vuosikymmenen aikana. (Hietikko 2008, s.128)

Suurimmat hyödyt CAD-ohjelman käytöstä ovat suunnittelijan tuottavuuden lisääminen, suunnitelmien sekä dokumenttien laadun parantuminen ja valmistusprosessia varten luotu data. (Kamrani ym. 2013, s.71–72)

Nykyään suuri osa suunnittelusta tehdään niin sanotulla Solid-mallinnuksella. Solid-mallinnus on kattavimpia metodeja suunnittelijalle 3D-maailmassa. Tällä metodilla voitetaan rautalankamallinnuksen ja pintamallinnuksen haitat, koska metodi antaa kattavan ja täydellisen määritelmän kolmiulotteisesta kappaleesta. Solid-mallinnuksessa kappale on määritetty tilavuudeltaan ja se voi määrittellä myös kappaleen pinnat ja reunaehdot. Massat, tilavuudet, pinnat ja muut tärkeät suunnitteluominaisuudet voidaan derivoida tästä metodista. (Kamrani ym. 2013, s.60)

4.2 Ohutlevyosien geometriatiedot

Nykyään tuotteet suunnitellaan ja työstökoneita ohjelmoidaan CAD/CAM-järjestelmillä. Computer-aided manufacturing eli CAM tarkoittaa työstökoneiden tietokoneavusteista hallintaa. Hyvällä CAD/CAM-järjestelmällä pystytään seuraaviin toimintoihin: NC-ohjelmien ja piirustusten luonti, työstöohjelmien simulointi ja mm. työstökoneiden asetussuunnitelmat. (Matilainen ym. 2011, s.209)

Tuotteiden suunnittelu tapahtuu nykyisin 3D-CAD-järjestelmillä, jotka syrjäyttävät 2D-CAD-järjestelmät. Tärkeimpiä 2D-tiedostomuotoja ovat DXF, DWG, IGES ja MI. Tuotteen geometriatiedot luetaan CAD-tiedostosta suoraan työstökoneelle ja nestausohjelmiin. Nestaaminen tarkoittaa kappaleiden optimaalista asettelua arkille. Nestauksen tarkoituksena on käyttää kaikki mahdollinen materiaali levyarkista hyödyksi, jotta hukkamateriaalia tulisi mahdollisimman vähän, kuten esimerkiksi pipareita leipoessa. Leikkaamisen kannalta kaikki oleelliset geometriatiedot tulee olla piirustuksissa oikein, jotta nestausohjelman tekijälle ei aiheudu ongelmia. Nestin tekoa varten piirustuksista poistetaan kaikki muu tieto paitsi muotoviivat. (Matilainen ym. 2011, s.210–211; What is nesting? 2015)

Ohutlevytöissä DXF-tiedosto toimii pohjana nestausohjelmaa tehdessä. CAM-järjestelmä lukee tiedoston ja yrittää mahdollisuuksien mukaan korjata tiedonsiirtovaiheessa tapahtuvia virheitä. DXF-piirustuksessa muotoviivojen täytyy olla yhtenäisiä ja merkityksettömät muotoviivat leikkauksen kannalta poistettu. (Matilainen ym. 2011, s.211)

4.3 Piirustukset

Kaikista suunnitelluista kappaleista luodaan piirustukset eli osa-, osakokoonpano- ja kokoonpanopiirustukset. Piirustusten teko aloitetaan, kun 3D-mallit ovat valmiita. Osakokoonpano- ja kokoonpanopiirustusten tekoon voidaan siirtyä, kun osapiirustukset ovat riittävän tarkkoja. Piirustusten laatimisesta on olemassa standardeja. (Hietikko 2008, s.131)

Piirustusten avulla suunnittelija saa luomistaan kappaleista täydellisen kuvan ja monesti huomaa tekemänsä virheet helpommin. Perimäisenä tarkoituksena piirustuksissa on arkistoida tuotteiden geometrinen muoto. Ne voivat kuitenkin toimia kommunikointivälineinä eri suunnittelijoiden ja esimerkiksi tuotannon välillä, simuloida tuotteen toimintaa ja varmistaa tuotteen virheettömyys. Tuote ei kuitenkaan ole täydellinen, jos piirustuksiin jää virheitä. Tätä helpottamaan on luotu piirustusstandardeja, joita noudattamalla piirustuksista saadaan kansainvälisiä.

Erään tutkimuksen mukaan 60 % tuotteista valmistetaan eri tavalla kuin suunnittelijan piirustuksissa on esitetty. Syinä olivat piirustusten epätäydellisyys, se että, valmistuksen toteuttaminen piirustuksen mukaan oli mahdotonta, piirustus ei ollut yksikäsitteinen tai osien asentaminen oli mahdotonta, jos se olisi tehty niin kuin piirustuksessa oli esitetty. (Hietikko 2008, s.130–131)

4.3.1 Osapiirustukset

Kun esisuunnittelu ja luonnokset ovat valmiina alkaa osapiirustusten teko. Piirustuksia laatiessa suunnittelija joutuu osapiirustuksissa huomioimaan materiaalin ja valmistusmenetelmien asettamat vaatimukset. Osapiirustusten tekoon kuuluu myös valmistustarkkuuden valinta ja liitäntäpintojen toleranssien valinta. (Hietikko 2008, s.133)

Osapiirustuksen lähtökohtana on pääprojektio tuotteesta, josta otetaan tarvittava määrä sivuprojektioita. Projektioiden määrä on mahdollisimman vähäinen, kuitenkin niin, että kaikki valmistuksen kannalta tarvittavat asiat saadaan piirustuksessa esitettyä. Esitysmuodon on oltava yksiselitteinen, jotta jokainen voi saada piirustuksesta saman kuvan kuin suunnittelija on tarkoittanut. Esitysmuodot on standardisoitu koneenpiirustuksen standardeihin ja niitä tulisi noudattaa edellä mainitun syyn takia. Projektioita tehdessä on hyvä ottaa huomioon valmistetaanko osa Euroopassa vai Yhdysvalloissa, koska projektioista käytetään Yhdysvalloissa eri menetelmää kuin muualla maailmassa. Yhdysvalloissa on käytössä niin sanottu kolmen käännön menetelmä ja Euroopassa yhden käännön menetelmä. Valittu projektioimenetelmä on yleensä esitetty piirustuksessa otsikkotauluissa. (Hietikko 2008, s.133)

Osat mitoitetaan neljään ryhmään jaetuilla yksikäsitteisillä standardoiduilla mitoituksilla. Mitoitusryhmät voidaan jakaa toimintamittoihin, lujuusopillisiin mittoihin, valmistusmittoihin ja riippumattomiin mittoihin. (Hietikko 2008, s.133)

Toimintamittoihin luokitellaan ne mitat, jotka nimensä mukaan ovat edellytyksiä tuotteen toimivuudelle ja ne yleensä päätetään suunnittelun alkuvaiheessa. Tolerointi toimintamitoille tehdään niin, että voidaan varmistaa tuotteen toimivuus. (Hietikko 2008, s.133)

Lujuusopillisiin mittoihin luokitellaan ne mitat, joiden edellytys on säilyttää tuotteen toimintakyky äärimmäisissä rasitustilanteissa. Mitat ovat määräytyneet lujuusanalyysien ja muiden analyysien pohjalta, eikä niitä saa muuttaa tässä vaiheessa ilman uudelleen suoritettuja analyysejä. (Hietikko 2008, s.133)

Valmistusmittoihin luokitellaan ne mitat, jotka määräytyvät standardien mukaisen valmistusmenetelmien mukaan. Niitä ovat vakiomittaiset työkalut (porat, kalvaimet, jyrsimet jne.), työstökoneiden rajoitukset ja kuljetus- ja siirtokaluston rajoitukset. (Hietikko 2008, s.133)

Riippumattomiin mittoihin luokitellaan ne mitat, jotka ovat vapaasti valittavissa esimerkiksi tuotteen muotoseikkojen mukaan. Mitoissa kannattaa käyttää harkintaa ja valita luvut standardoitujen porrastusten väliin. Kun toimitaan näin, esitetään mittojen mielivaltaistuminen ja säilytetään järjestys. (Hietikko 2008, s.133)

Maailmassa on käytännössä mahdotonta luoda kahta täysin samanlaista kappaletta. Kappaleet saattavat ihmissilmään näyttää samoilta, mutta eroavaisuuksien tunnistaminen ihmisaistein ei välttämättä ole mahdollista. Tehdessä useita kopioita yhdestä tuotteesta on käytettävä toleransseja, jotta voidaan mahdollistaa tuotteiden toimivuus halutulla tavalla. Toleranssien avulla voidaan vähentää kappaleisiin tulevaa vaihtelua, jolta ei voida kuitenkaan kokonaan välttyä. (Dym, Little, Orwin, Spjut 2009, s.192)

Kokoonpanojen onnistumiseksi edellytetään, että eri valmistajien tekemät osat sopivat yhteen ilman, että niitä tarvitsee sovittaa kokoonpanoon. Saman osapiirustuksen perusteella valmistettujen osien on oltava vaihtokelpoisia, tämä tarkoittaa, että osassa olevien mittojen on oltava tietyllä tarkkuudella samoja kuin piirustuksessa olevat mitat. Sallitut poikkeamat mittoihin esitetään toleransseilla.

Nykyään yleisesti on käytössä ISO toleranssijärjestelmä. (Hietikko 2008, s.133–134)

4.3.2 Kokoonpanopiirustukset

Kokoonpanopiirustuksesta pitää selvittää piirustuksen lukijalle riittävän selkeästi kokoonpanojärjestys. Osakokoonpanojen pitäisi olla loogisia, jotta niiden liittäminen kokoonpanoon sujuu mutkattomasti. Piirustuksesta löytyy yleensä osaluettelo ja osanumerot, josta selviää tarvittavat osakokoonpanot, osat ja kauppaosat kuten mutterit. Osakokoonpanot, osat ja kauppaosat on yleensä fiksua laittaa osaluetteloon siinä järjestyksessä, kun ne kokoonpanoon liitetään. Muutkin kuin suunnittelu ja valmistus käyttävät osaluetteloita, joten niihin on hyvä lisätä tietoa esimerkiksi raaka-aineista. (Hietikko 2008, s.134–136)

Kokoonpanopiirustuksessa ei ole tarkoitus enää mitoittaa kokoonpanoon tulevia osia. Piirustuksessa pitää esittää kokoonpanon pää- ja liitännämitat, jolloin vältetään kokoonpanijalta turhaa työtä, kun hänen ei tarvitse etsiä kokoonpanoon liittyviä mittoja osapiirustuksista. Pää- ja liitännämittojen avulla osataan myös valita oikeanlaiset työkalut ja kuljetusvälineet kokoonpanoa varten. (Hietikko 2008, s.134)

Kokoonpanopiirustuksessa voidaan esittää osien liittyminen toisiinsa esimerkiksi räjäytyskuvan avulla. Räjäytyskuvassa voidaan määrittää esimerkiksi osanumerot niin, että niitä seuraamalla osat asennetaan oikeassa järjestyksessä. (Dym ym. 2009, s.192)

5 Hankkeen toteutus

5.1 Uudelleen mallinnus

Hanketta lähdettiin toteuttamaan mallintamalla koko MAHTI-pesukone uudelleen Solidworks-ohjelmistoon. MAHTI-pesukoneen elintarvikeversion ulkonäkö on esitetty kuviossa 4.

Aikaisemmin pesukoneesta on ollut vain Ironcad-ohjelmalla mallinnettu versio, josta oli saatavilla sat-tiedosto. Tällainen sat-tiedosto voidaan avata Solidworks-ohjelmalla. Solidworks ei kuitenkaan tunnista 3D-mallista piirteitä, joten alkupe- räisiä 3D-malleja ei voida muokata. Pesukonetta mallinnettaessa eteen tuli on- gelmia osien mittatarkkuuksien kanssa. Osat oli mallinnettu kymmenesosamil- lien tarkkuuteen ja tällaisiin tarkkuuksiin ei hitsatuissa ja/tai taivutetuissa raken- teissa kuitenkaan käytännössä päästä, joten tämä tulisi huomioida osien tole- roinnissa piirustuksia tehdessä.



Kuvio 4: MAHTI-pesukoneen elintarvikeversio (Elintarviketeollisuuden tuotteet, 2012)

Noin opinnäytetyöprosessin puolella välissä pidetyssä palaverissa pohdittiin muotoilukonseptien vaatimia muutoksia MAHTI-pesukoneen rakenteisiin. Palaverissa tultiin siihen lopputulokseen, että projektia lähdettäisiin toteuttamaan MAHTI-pesukoneen lääkeversion mukaan. Tällä saataisiin rakenteesta modulaarinen, jolloin pesukoneen runko-osista olisi vain yhdet piirustukset ja muutoksilla pesukoneen komponentteihin voitaisiin määrittää olisiko käyttökohde elintarvike- vai lääketeollisuudessa. Päätös tarkoitti sitä, että myös MAHTI-pesukoneen lääkeversio oli mallinnettava ja elintarvikeversion mallintaminen oli osittain turhaa. Kuitenkin lääkeversiota mallinnettaessa voitiin käyttää osittain elintarvikeversion mallinnettuja osia. Kuviossa 5 on esitetty MAHTI-pesukoneen lääkeversio.



Kuvio 5: MAHTI-pesukoneen lääkeversio (Lääketeollisuuden tuotteet, 2012)

5.2 Muotoilukonseptin valinta

Hankkeeseen oli siis saatu muotoiltutoimistolta kaksi muotoilukonseptiehdotusta. Muotoilukonsepti A:ssa käyttöpaneeli on sijoitettuna ylös, kuten MAHTI-pesukoneen lääkeversiossa on toteutettu aikaisemmin. Käyttöpaneeli kannattaisi ergonomiankin kannalta sijoittaa ylös, jolloin käyttäjän ei tarvitsisi kurotella alas käyttääkseen käyttöpaneelia.

Kattoverhopeltiin sekä alaosan säilytystilojen pelteihin on ehdotettu syvyyttä antavaa muotoilua. Konseptiin oli myös ehdotettu punaista väriä ja jalkavipu, jonka olisi tarkoitus mekaanisesti avata pesutilan ovi. Kuviossa 6 on esitetty muotoilu muotoilukonsepti A.



Kuvio 6: Muotoilukonsepti A

Muotoilukonsepti B:ssä käyttöpaneeli on myös sijoitettu ylös. Kattoverhopeltiin on suunniteltu syvyyttä antavaa muotoilua. Pesutilan ovi ja osa etulevyistä on ehdotettu laskemaan viistosti alaspäin. Konseptiin oli myös ehdotettu punaista väritystä ja jalkavipu, jonka olisi tarkoitus mekaanisesti avata pesutilan ovi. Muotoilukonsepti B on esitetty kuviossa 7.



Kuvio 7: Muotoilukonsepti B

Muotoilukonseptien pohjalta käytiin palaveri koskien, sitä kumpi konsepteista valittaisiin. Palaverissa päädyttiin sulkemaan pois muotoilukonsepti B, koska sen aikaansaaminen olisi tarkoittanut MAHTI-pesukoneen rakenteeseen suuria muutoksia. Pois suljettu vaihtoehto olisi muokannut esimerkiksi oven rakennetta niin paljon, että se olisi saattanut aiheuttaa ongelmia oven tiivistykseen ja lukkomekanismiin. Myös pesukoneen pesutulosta olisi pitänyt lähteä tutkimaan uudestaan ja tähän ei haluttu lähteä. Ovenavausmekanismi jalkavivulla päätettiin myös jättää pois uudesta mallista. Pesukoneeseen olisi tarkoitus tulla sähkölukkolla toimiva mekanismi. Pesun jälkeen mekanismi avaisi hieman pesutilan

ovea, jolloin pestävät tuotteet kuivuisivat paremmin. Mekanismia oli jo aiemmin testattu Pesutekno Oy:ssä.

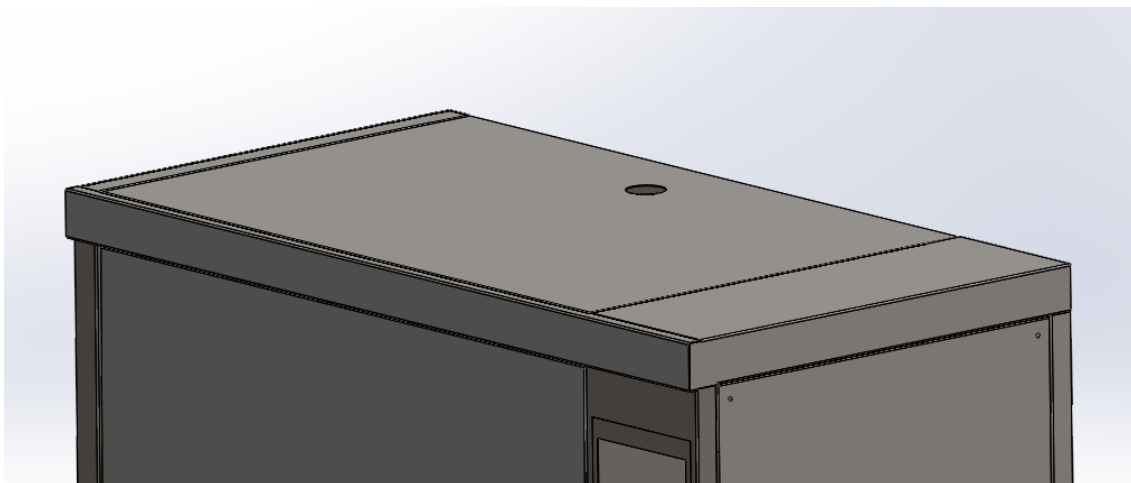
Eräälle asiakkaalle oli myös esitelty konseptiehdotuksia. Asiakas oli ihastunut ehdotukseen A varsinkin pesukoneen värityksen takia. Väritys tuotteeseen tul-
laan todennäköisesti tekemään teippaamalla.

5.3 Muotoiltujen osien suunnittelu

Muotoiltuja osia lähdettiin suunnittelemaan Muotoilukonsepti A:n perusteella. MAHTI-pesukoneen rungoista olisi siis tarkoitus suunnitella yksi runkoratkaisu. Alkuperäistä rakennetta pyrittiin yksinkertaistamaan, jotta esimerkiksi pesuko-
neen sivujen pelti-osat vastaisivat toisiaan, joko peilikuvana tai niin, että samoja peltejä voitaisiin käyttää molemmin puolin.

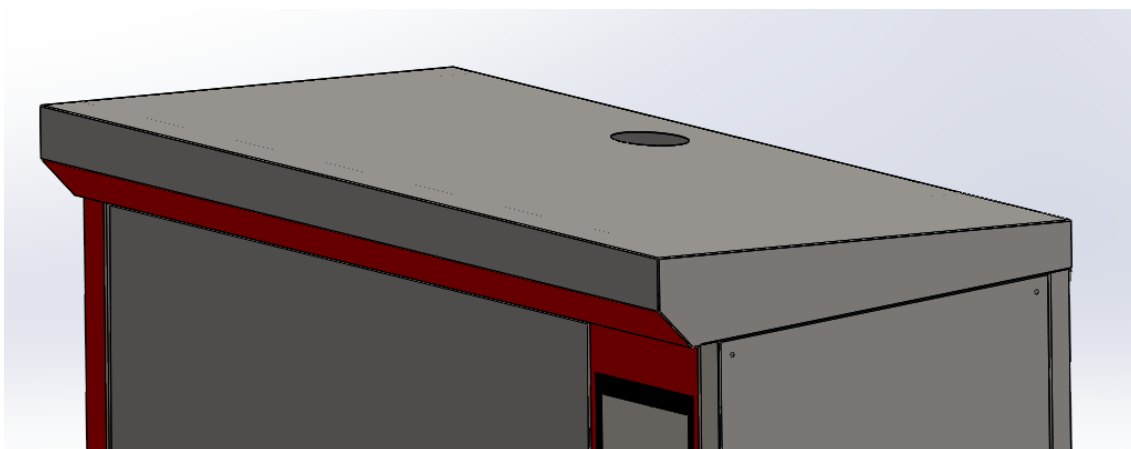
5.3.1 Kattoverhoiluehdotukset

Kattoverhopellin osalta pesukoneen entistä rakennetta jouduttiin muokkaamaan hieman. MAHTI-pesukoneen lääkeversion kattorakennetta muokattiin, koska aiemmin se oli rakennettu useammasta eri osasta. Vanhan version kattover-
hoilu on esitetty kuviossa 8. Nyt pyrittiin tekemään yksi yhtenäinen kattopelti ha-
lutulla muotoilulla. Kattopeltiä ei ole tarkoitus hitsata rakenteeseen kiinni vaan
huolto- ja ongelmatilanteissa se voidaan vain nostaa pois paikoiltaan.



Kuvio 8: MAHTI-pesukoneen kattopellit

Uusi muotoiltu kattoverhopelti toi sitä kannatteleviin pelteihin muutoksia. Rakenne myös yksinkertaistui, kun siitä poistettiin aikaisempi palapelimäinen rakenne. Kuviossa 9 on esitetty suunniteltu ehdotus kattoverhopellistä halutulla muotoilulla ja värityksellä.

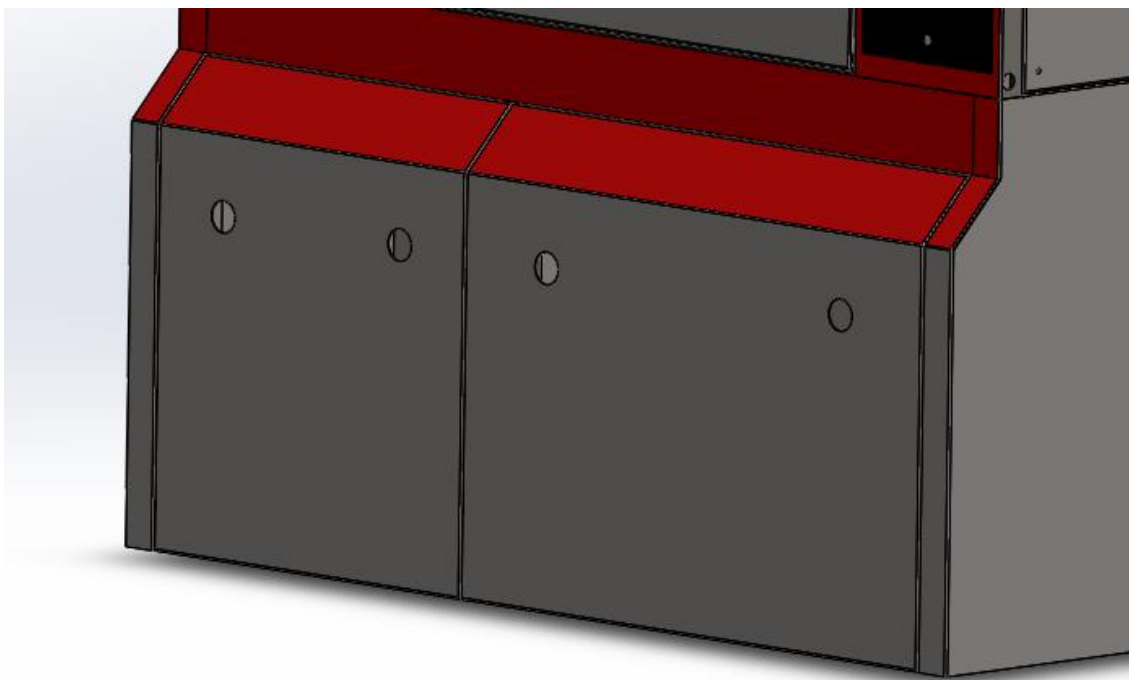


Kuvio 9: Ehdotus uudesta kattoverhopellistä

5.3.2 Alaosan verhoilun ehdotukset

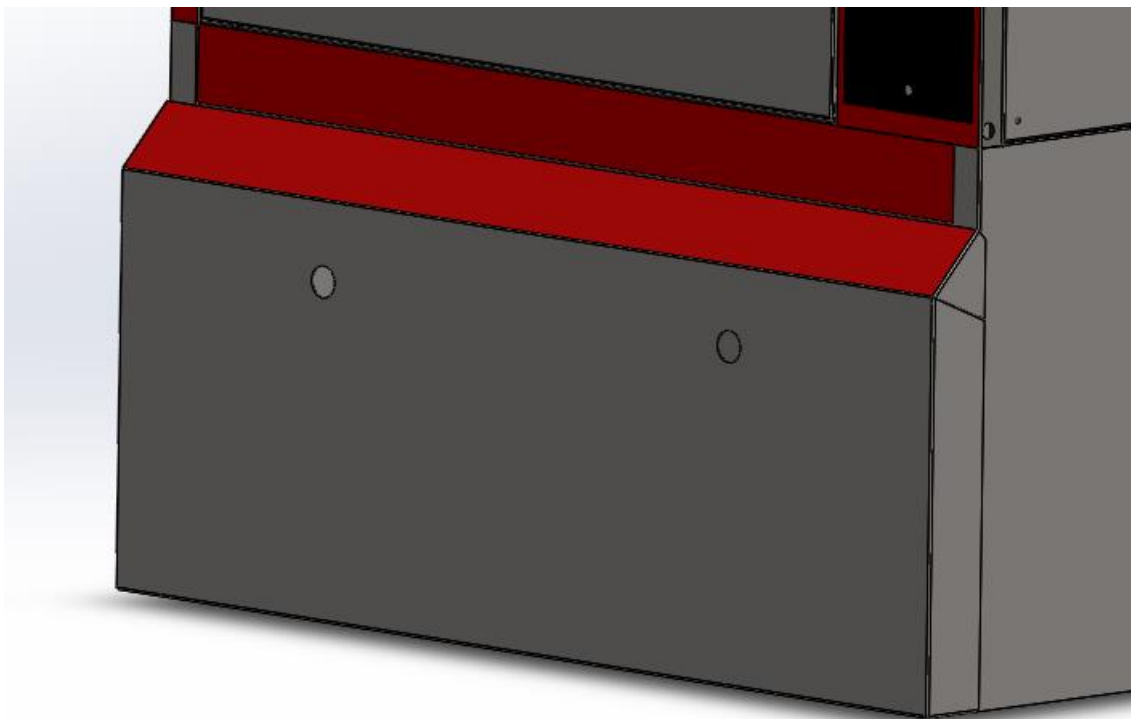
Pesukoneen alaosan peltien suunnittelussa käytettiin jo vanhassa pesukoneessa hyväksi todettua tyyliä peltien kannakoinnissa. Pellit kantavat niin sanotusti itsensä painovoiman avulla, roikkumalla vastakappaleesta. Tällaista tyyliä voidaan käyttää, koska pesukone ei liiku.

Alaosaan suunniteltiin kolme erilaista ehdotusta toimeksiantajalle valittavaksi. Ensimmäisessä ehdotuksessa pesukoneen sivuverhopelteihin suunniteltiin konseptiehdotuksen mukainen muotoilu ja pesutilalle sekä sähkökaapille omat etulevyt. Ensimmäinen ehdotus on esitetty kuviossa 10.



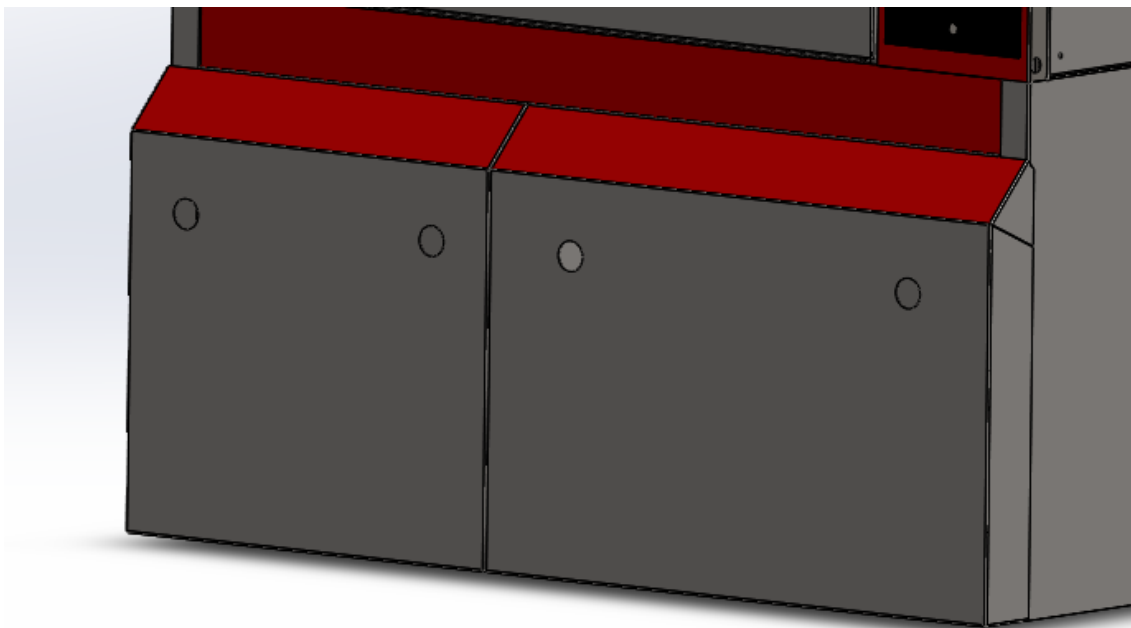
Kuvio 10: Alaosan ensimmäinen ehdotus

Toisessa ehdotuksessa alaosa tehtiin yhdestä pellistä. Tässä ehdotuksessa sivuverhopelteihin ja muuhun olemassa olevaan rakenteeseen ei tarvitsisi tehdä muutoksia, vaan muotoilu voidaan sisältää yhteen osaan. Aikaisemmissa versioissa pesukoneen oikealla puolella oleva sähkökaappi on ollut lukittuna ruuveilla, joten koko alaosan avoimuus voi muodostua ongelmaksi. Pesukonetta voidaan pestä myös ulkopuolisesti painepesurilla, jolloin sähkökaapin tiivistäminen saattaa myös aiheuttaa ongelmia tässä ratkaisussa. Toinen ehdotus on esitetty kuviossa 11.



Kuvio 11: Alaosan toinen ehdotus

Kolmatta ehdotusta lähdettiin suunnittelemaan toisen ehdotuksen pohjalta. Erotuksena se, että sähkökaapille ja pesuainetilalle suunniteltiin omat etulevyt. Omien etulevyjen tuoma etu on se, että sähkökaappi voidaan lukita ruuvein ja tiivistää vanhalla tekniikalla, jolloin ulkopuolinen pesu ei tuota ongelmia. Kolmas ehdotus on esitettyä kuviossa 12.



Kuvio 12: Alaosan kolmas ehdotus

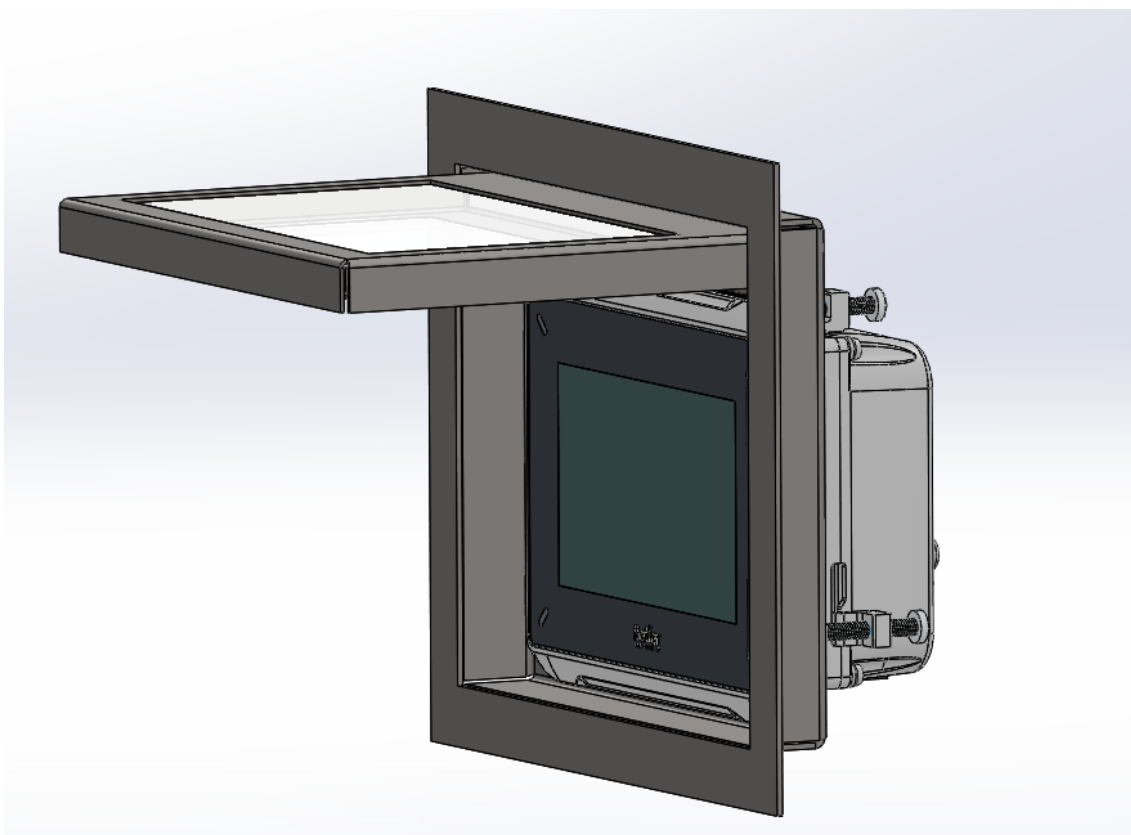
Palaverissa 28.4.2015 pesukoneen alaosan ehdotuksista valittiin kolmas ehdotus toteutettavaksi (kts. kuvio 11). Ehdotus toisi mahdollisimman vähän muutoksia alkuperäiseen rakenteeseen ja uusien osien kiinnityksessä voitaisiin käyttää jo olemassa olevaa tekniikkaa. Myös sähkökaapin suojaus ja tiivistys voitaisiin toteuttaa olemassa olevalla tekniikalla.

5.4 Käyttöpaneelin suojaus

Käyttöpaneelin IP-luokitus on etupuolelta IP65 ja takapuolelta IP20. IP65 tarkoittaa sitä, että etupuoli on suojattu pölyltä ja vesisuihkulta joka suunnasta, muttei voimakkaalta vesisuihkulta. Takaosan suojausluokitus taas tarkoittaa sitä, että se on vain suojattu esineiltä joiden halkaisija on suurempi kuin 12,5 mm. (IP-numeroiden merkitys, 2009)

Suojausluokituksista voidaan päätellä, että käyttöpaneelin etuosa pitää suojata painepesurin suihkulta. Käyttöpaneelin takaosa on suojaamaton vedeltä, joten veden pääsy käyttöpaneelin takaosaan on estettävä.

Käyttöpaneeli on aikaisemmin suojattu muovipleksillä, joka oli saranoitu käytettävissä olevaan rakenteeseen. Uuteen rakenteeseen suunniteltiin uusi suojakotelo, jossa saranointi toteutettiin käyttämällä vanhaa tekniikkaa hyväksi. Kotelo koostuu kuudesta eri osasta. Suojakotelo voidaan kokoonpanna omana kokonaisuutenaan ja asentaa joko hitsaamalla, ruuvi- tai niittikiinnitteisesti. Jos valitaan ruuvi- tai niittikiinnitys niin kotelon ja kiinnityslevyn väliin voidaan laittaa tiiviste. Kotelo on esitetty kuviossa 13 ja kotelon kokoonpanopiirustus on liitteessä 3.

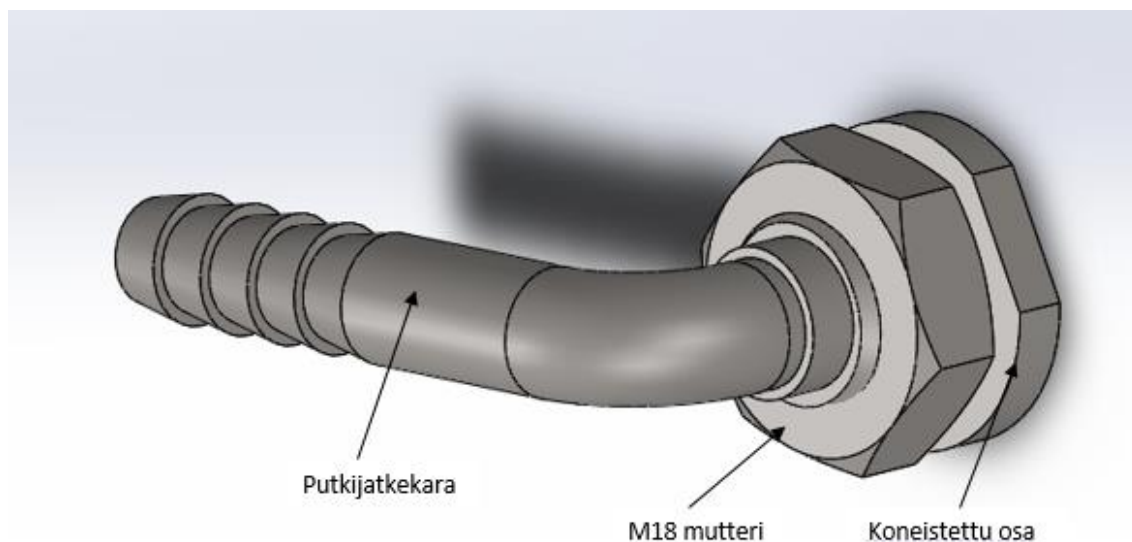


Kuvio 13: Käyttöpaneelin suojakotelo

5.5 Pesuletkuston suunnittelu

Jo ennen opinnäytetyöprosessin aloitusta Pesutekno Oy:llä oli kehitelty letku-idea ja yksi testikone oli jo rakennettu. Testausta rakenteen toimivuudesta ei ollut kuitenkaan vielä tehty. Letku-idean kanssa kuitenkin ongelmaksi muodostuu sen hinta ja tähän haluttiin parannusta.

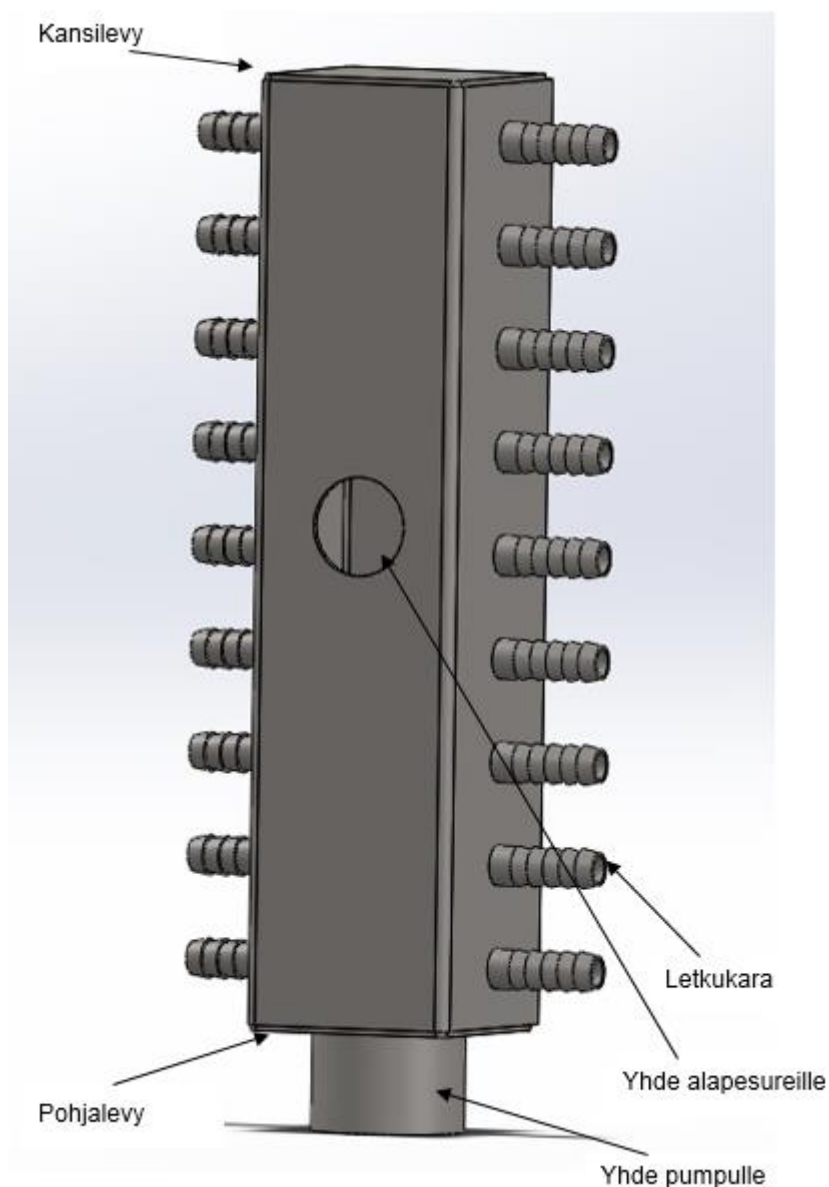
Pesukoneen pesureiden kiinnitykseen kehitetty idea oli monimutkainen ja siihen tuli monta osaa, joita ei voitu esikokoonpanna. Ideaa lähdettiin kehittämään niin, että kiinnikkeitä voitaisiin kokoonpanna etukäteen. Idea oli, että kiinnikkeeseen tulisi yksi koneistettu osa, johon hitsattaisiin putkijatkekara. Koneistettu osa kiinnitettäisiin pesutilan peltiin mutterilla, joka voitaisiin pujottaa putkijatkekaran läpi. Rakenne on esitetty kuviossa 14 ja koneistetun osan piirustus on liitteessä 4.



Kuvio 14: Pesurin kiinnike kokoonpantuna

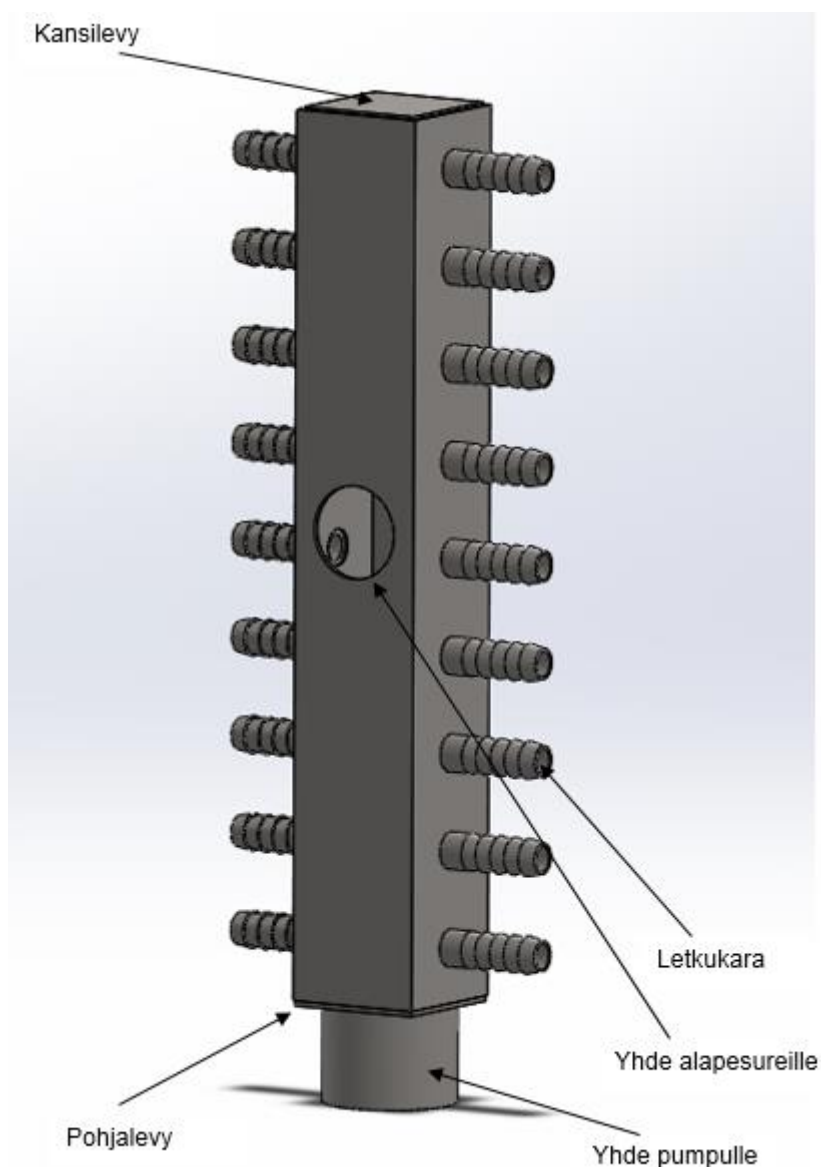
Myös pumppuun liitettävä jakotukki, johon letkut kiinnitetään, oli melko kallis ja sen liittyminen pesukoneen pesutilan alapesureille haluttiin toisenlaiseksi. Jakotukin materiaali oli alun perin muovia ja tämä oli tuonut lisäkustannuksia, koska jakotukki jouduttiin koneistamaan. Muovin koneistaminen ei ole Pesutekno Oy:n eikä Finlead Oy:n osaamisaluetta. Jakotukista suunniteltiin kaksi ehdotusta, joista Pesutekno Oy:ssä voidaan valita haluttu.

Ensimmäinen ehdotus on hitsattava ohutlevy rakenne, joka voidaan valmistaa Pesutekno Oy:ssä tai Finlead Oy:ssä. Jakotukin runko koostuu neljästä osasta, johon liitetään tarvittavat putkiosat ja letkukarat. Ongelmana tässä ehdotuksessa on sen koko, jakotukki ei mahdu pesukoneen takaseinän ja pesutilanlevyn väliin. Tästä johtuen takaverhopeltiin joudutaan tekemään uloke. Ensimmäinen ehdotus jakotukista on esitetty kuviossa 15.



Kuvio 15: Jakotukin ensimmäinen ehdotus

Toisen ehdotuksen runko suunniteltiin neliöputkesta, joka on kooltaan 50x50x2 mm. Tässä ehdotuksessa kaksi hitsausaumaa jää pois, jolloin on vähemmän mahdollisia vuotokohtia. Myös työmäärä vähenee, koska runko-osa on standardiputkea. Toisen ehdotuksen jakotukki koostuu neljästä eri osasta plus letkukaroista. Toinen ehdotus on esitettyä kuviossa 16.



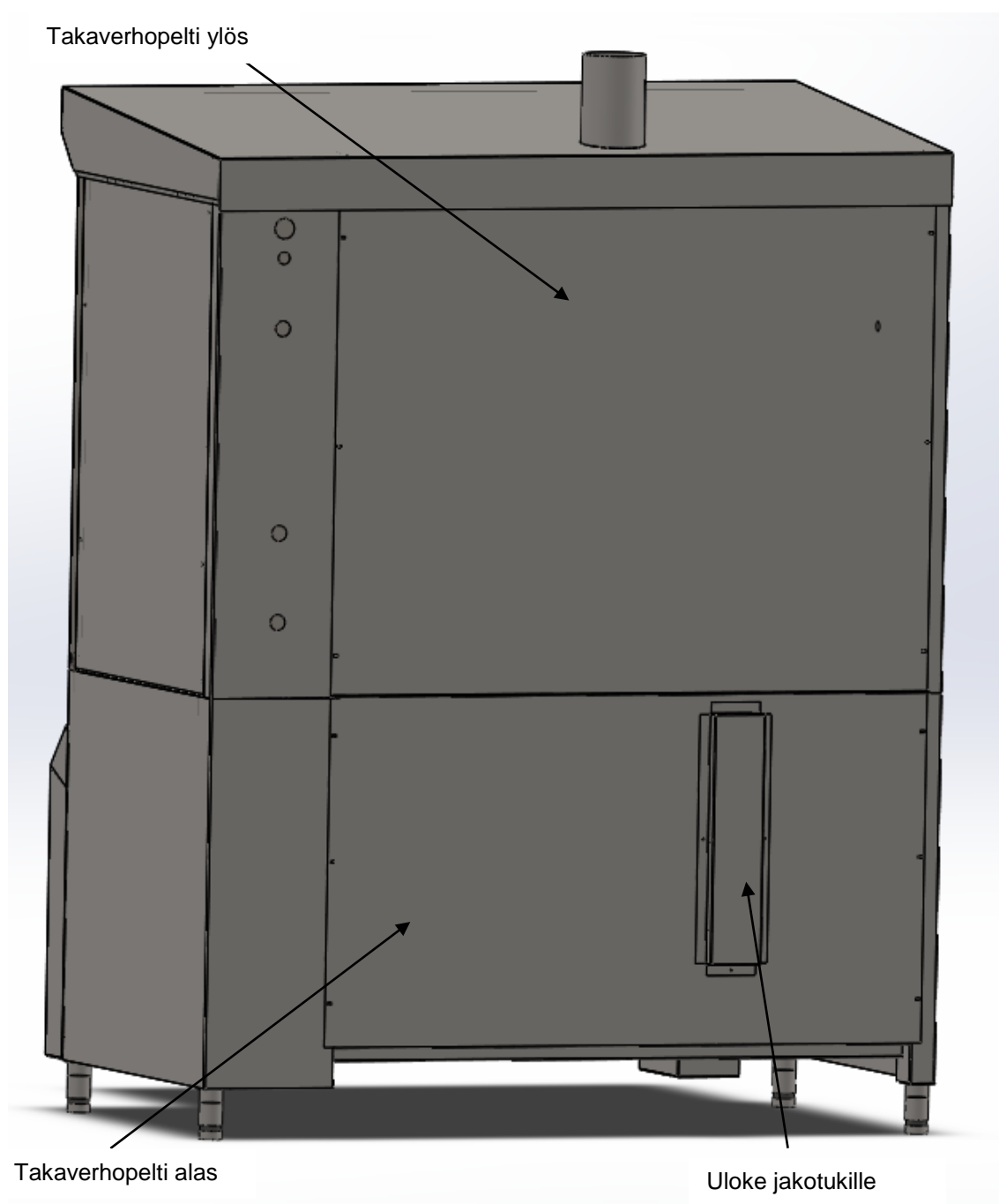
Kuvio 16: Jakotukin toinen ehdotus

Opinnäytetyön aikana pesuletkustoa testattiin Pesutekno Oy:n testausmenetelmällä Pieksämäellä. Testissä käytettiin jo aiemmin suunniteltua muovista jakotukkia. Letkuston ja putkiston välillä ei ollut suurta eroa. Kuitenkin letkuston valmistaminen on paljon helpompaa.

5.6 Takaosan verhoilu

Toisen jakotukkiehtotuksen takia suunniteltiin vaihtoehtoinen takaverhoilu MAHTI-pesukoneeseen. Ensimmäisen ehdotuksen jakotukki tulee takaosasta

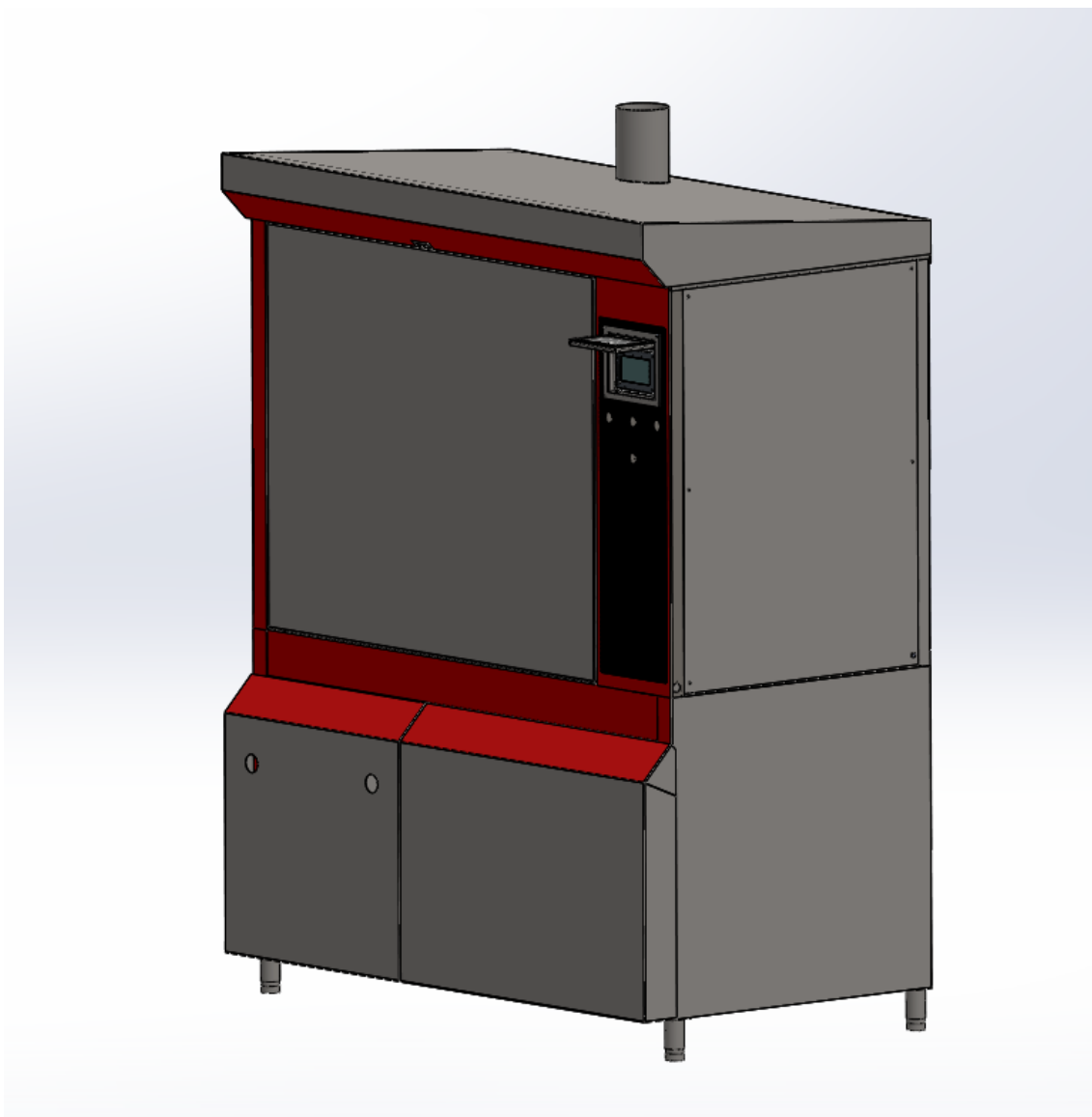
ulommas kuin alkuperäinen pesuputkisto, joka ei vienyt tilaa rakenteesta sen ulkopuolelta. Jakotukkia varten tehtiin sille sopiva uloke takaverhoiluun. Uloke kiinnitettäisiin niittaamalla. Verhopellit ovat ruuvikiinnitteisiä, jolloin huoltotilanteissa niiden poistaminen ei aiheuta ongelmia. Kuviossa 17 on esitetty takaosan verhoilu, jos käytetään ulkonevaa jakotukkia. Mikäli Pesutekno Oy valitsee rakenneputkesta tehtävän jakotukin, silloin voidaan käyttää alun perin lääkeversioon suunniteltua takaverhoilua.



Kuvio 17: Pesukoneen takaosan verhoilu

5.7 Uudet osat

Uusia osia, joista tarvitaan valmistuspiirustukset, modernisoituun MAHTI-pesukoneeseen tuli molempien jakotukkien prototyypit mukaan laskettuna 33. Uusien osien piirustusnumerointi haluttiin aloittaa numerosta 3 000 000. Kokoonpanosta tehtiin Excel-osaluettelo, joka on liitteessä 5. MAHTI-pesukoneen uusi ulkonäkö on esitetty kuviossa 18. Uusien osien valmistuspiirustukset ovat poltettuna cd-levylle liitteessä 6. Valmistuspiirustukset poistetaan julkisesta versiosta.



Kuvio 18: Modernisoidun MAHTI-pesukoneen uusi ulkonäkö

6 Pohdinta

Opinnäytetyön aihe tuli Pieksämäellä sijaitsevan Pesutekno Oy:n toimeksiantosta. Myös Keuruulla sijaitseva Finlead Oy on ollut vahvasti mukana projektissa. Finlead Oy valmistaa ja toimittaa ohutlevyosat Pesutekno Oy:lle. Aiheena oli Pesutekno Oy:n MAHTI-teollisuuspesukoneen modernisointi. Aihe on ollut yrityksessä vireillä jo pidemmän aikaa, mutta tekijöiden vähyyden ja ajanpuutteen vuoksi siihen ei ollut vielä lähdetty.

Tavoitteina opinnäytetyössä oli saada aikaan uusi ulkonäkö tuotteelle muotoilu-toimiston konseptin pohjalta, niin ettei pesukoneen pesutulosta tarvitsisi lähteä tutkimaan uudelleen. Tavoitteina oli myös suunnitella pesuputkistosta pesuletkujen käyttöön siirtymiseen vaadittavat uudet osat ja valmistuspiirustukset sekä valmistuspiirustukset uudesta pesukoneesta, jotta pesukoneesta saadaan prototyyppi heinäkuussa 2015 alan messuille. Opinnäytetyön edetessä tavoitteet osittain muuttuivat. Suurimpana muutoksena oli se, että elintarvike- ja lääketeollisuuden versioihin MAHTI-pesukoneesta tuli suunnitella yhteinen runkorakenne.

Aikaisemmin Pesutekno Oy:ssä suunnittelu on tehty Ironcad-ohjelmistolla. Viimeisten vuosien aikana suunnittelu on osittain tehty Finlead Oy:n toimesta Solidworks-ohjelmistolla. Opinnäytetyössä uusi rakenne suunniteltiin Solidworks-ohjelmistolla. Siirtyminen Ironcad-ohjelmistosta Solidworks-ohjelmistoon oli melko aikaa vievää, koska Ironcad-ohjelmistolla tehdyt tiedostot eivät ole yhteensopivia Solidworks-ohjelmiston kanssa. Tiedostoista joudutaan luomaan sat-tiedostot, jotka eivät ole hyvin yhteensopivia Solidworks-ohjelmiston kanssa. Myös Pesutekno Oy:ltä saadut sat-mallit pesukoneiden kokoonpanoista olivat puutteellisia. Malleista puuttui useita osia, joita jouduttiin etsimään ja toimittamaan sähköpostin välityksellä yritykseltä tekijälle. Tällaiset puutteet aiheuttivat katkoksia suunnitteluun.

Uusia osia suunniteltiin muotoilukonseptin mukaan huomioiden niiden valmistettavuus. Uusien muotoiltujen osien johdosta jouduttiin muokkaamaan jonkin verran myös alkuperäistä rakennetta, mutta muutokset pyrittiin pitämään mahdollisimman vähäisinä. Tällä tavoin tuotteen prototyyppiä valmistettaessa jo olemassa olevia valmistuspiirustuksia pystytään käyttämään hyväksi ja niiden vuoksi ei synny ylimääräisiä kustannuksia.

Opinnäytetyössä oli tiukka aikataulu, eikä tilannetta helpottanut se, että kesken projektin tuli päätös elintarvike- ja lääketeollisuuden versioiden yhdistämisestä. Pesukoneen rakenne tuli suunnitella lääketeollisuuden version mukaan. Päätökseen mennessä elintarviketeollisuuden version uusi muotoiltu rakenne oli 3D-tasolla jo lähes valmis. Päätöksen jälkeisessä tilanteessa jouduttiin etsimään MAHTI-pesukoneen lääketeollisuus version sat-malli Pesutekno Oy:n arkistoista ja lähteä uudelleen mallintamaan lääketeollisuuden version rakenne Solidworks-ohjelmistoon. Onneksi lääketeollisuuden versiota mallinnettaessa voitiin osittain käyttää jo kerran mallinnettuja osia. Osista löytyi samankaltaisuuksia, joten niiden muokkaaminen lääketeollisuuden versioon sujui melko ripeästi.

Opinnäytetyössä luotiin ehdotuksia muotoilutoimiston konseptien pohjalta, joista Pesutekno Oy:n toimijat valitsivat halutut ja antoivat halutut muokausehdotukset ja Finlead Oy:n toimija tarkasteli osien valmistettavuutta. Muokausehdotusten jälkeen osista lähdettiin tekemään valmistuspiirustuksia.

Tuloksena opinnäytetyössä saatiin luotua muotoilutoimiston konseptiehdotuksen mukainen muotoiltu ulkonäkö pesukoneelle suunnittelutasolla. Muotoiltujen osien liittäminen vanhaan kokoonpanoon toi muutoksia joihinkin rakenteisiin, mutta pesukoneen pesutilaan eikä sen toimilaitteisiin tarvinnut puuttua. Tällä vältyttiin siltä, että mikrobiologian ja sairaalahygienian laboratoriossa suoritettua puhdistustehon tutkimusta ei tarvitse tehdä uudestaan.

Pesuputkistosta pesuletkujen käyttöön siirtymiseen vaadittavat osat suunniteltiin. Osista oli jo prototyyppit, joita haluttiin yksinkertaistaa opinnäytetyössä. Pesutekno Oy:llä myös testattiin pesuletkujen toimintaa. Testissä käytettiin jo

aiemmin suunniteltua muovista tehtyä prototyyppiä jakotukista. Opinnäytetyössä suunniteltiin jakotukista kaksi rakenteeltaan yksinkertaisempaa ruostumattomasta ohutlevyteräksestä valmistettavaa versiota, jotka voitaisiin valmistaa Pesutekno Oy:ssä tai Finlead Oy:ssä. Aiemmin suunniteltu muovinen jakotukki vaatii muovin koneistusta ja se ei kuulu Pesutekno Oy:n eikä Finlead Oy:n osaamisalueeseen. Tämän opinnäytetyön aikana ei selvinnyt käyttääkö Pesutekno Oy opinnäytetyössä suunniteltua jakotukkia tulevaisuudessa. Pesutekno Oy:ssä voidaan päättää käytetäänkö modernisoidun MAHTI-pesukoneen ensimmäisessä prototyyppissä jo testattua muovista jakotukkia vai opinnäytetyön aikana suunniteltuja jakotukkeja, joille tulee suorittaa testit niiden toimivuudesta. Myös modernisoidun MAHTI-pesukoneen valmistamiseen vaaditut valmistuspiirustukset luotiin. Valmistuspiirustusten avulla voidaan lähteä luomaan ensimmäistä prototyyppiä MAHTI-pesukoneesta.

Yksi opinnäytetyötä hankaloittava tekijä oli tiedonkulku. Opinnäytetyö toteutettiin pääasiallisesti Jyväskylässä, ammattikorkeakoulun tiloissa ja opinnäytetyön tekijän kotona. Vierailuja tehtiin toimeksiantajan yrityksiin muutamia kertoja. Vierailujen aikana pidettiin palavereja opinnäytetyön kulusta ja selvennettiin projektiin liittyviä asioita. Pesutekno Oy:n tiloissa Pieksämäellä opinnäytetyön suorittaminen oli mahdotonta, koska suunnitteluun tarvittavaa tietotekniikkaa ei ollut saatavilla. Finlead Oy:ssä Keuruullakin suunnitteluun tarvittavaa tietotekniikkaa olisi ollut tarjolla vain rajoitetusti. Suunnittelu olisi tietysti ollut helpompaa, kun aina olisi ollut tavoitettavissa ammattilainen, joka on tehnyt töitä pesukoneen parissa pidempiä aikoja ja jolta olisi voinut kysyä selventäviä kysymyksiä, joiden selvittäminen sähköpostitse vie kuitenkin oman aikansa.

Aikatauluun nähden opinnäytetyö voidaan katsoa melko onnistuneeksi. Toisaalta taas vielä ei voida tietää kuinka paljon muutoksia opinnäytetyössä suunniteltu MAHTI-pesukone tarvitsee ennen markkinoille siirtymistä. Toimivuuden testaus jää Pesutekno Oy:n ja Finlead Oy:n selvittäväksi, koska tämän opinnäytetyön merkeissä pesukoneen prototyyppin valmistamista ei keretty aloittaa. Modernisoidun MAHTI-pesukoneen kustannusten arviointiin ei myöskään tämän opinnäytetyön puitteissa ollut aikaa.

Mikäli opinnäytetyön alussa lähtökohdat ja kaikki tavoitteet olisivat olleet täysin selviä, olisi voitu verrata esimerkiksi modernisoidun koneen kustannuksia alkuperäiseen rakenteeseen. Olisi voitu myös tehdä tarvittavia muutoksia valmistuspiirustuksiin, mikäli niitä tullaan tarvitsemaan. Todennäköistä on, että prototyypin ja tulevaisuudessa valmiin tuotantoon kelpaavan MAHTI-pesukoneen välillä tulee olemaan eroavaisuuksia. Harvoin, jos koskaan, käy niin, että suunnitellun tuotteen prototyyppi kelpaa sellaisenaan tuotantoon.

Alkuperäisten lähtökohtien ja tavoitteiden puutteellisuus opinnäytetyön alussa aiheuttivat ongelmia opinnäytetyön aikataulutukseen ja rajaukseen. Varsinkin, kun alussa tiedettiin, että aikataulu opinnäytetyön merkeissä on tiukka. Edellä mainituilla seikoilla on ollut suoranaista vaikutusta opinnäytetyön lopputulokseen.

Tulevaisuutta varten Pesutekno Oy:n kannattaa suorittaa tuotekehitysprosessi loppuun MAHTI-pesukoneen osalta. Prosessi vaatii vielä prototyypin valmistusta, testausta ja tuotteen arviointia. Kehitysehdotuksena yrityksen kannattaisi harkita käyttöpaneelin vaihtamista IP66 luokituksen mukaiseksi, jolloin paneelia ei tarvitsisi erikseen suojata painepesurin suihkulta. Myös tiedostojen ja piirustusten ylläpitoon tulisi kiinnittää enemmän huomioita tulevaisuuden projekteja ajatellen.

Kaiken kaikkiaan projekti oli opettavainen ja mielenkiintoinen. MAHTI-pesukoneen tuotekehitysprosessi on vielä kesken, mutta opinnäytetyöstä toimeksiantaja saa avaimet tuotekehitysprosessin jatkamiseen. Prosessissa on opinnäytetyön päättymisen aikaan meneillään detaljisuunnitteluvaiheen päätös sekä testausvaiheen aloitus. Testausvaiheessa aloitetaan modernisoidun MAHTI-pesukoneen ensimmäisen prototyypin valmistus, jonka jälkeen vasta tiedetään kuinka onnistunut opinnäytetyö loppujen lopuksi oli.

Lähteet

Baldwin, C. Y. & Clark, K. B. 2000. Design rules. Cambridge, U.K.: The MIT Press. Viitattu 12.5.2015. <http://www.jamk.fi/fi/Palvelut/kirjasto/Etusivu/>, Ebrary.

Dym, C., Little, P., Orwin, E., Spjut, E. 2009. Engineering design: A Project-Based Introduction. 3. p. United States of America: John Wiley & Sons.

Effects of gas jet. N.d. Artikkelin Columbia yliopiston sivustolla. Viitattu 3.5.2015. <http://www.aerl.engineering.columbia.edu/ntm/level1/ch03/html/l1c03s05.html>

Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

Lempiäinen, J. & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu – Puoliksi valmistettu. Helsinki: Hakapaino Oy.

IP-numeroiden merkitys. 2009. Ohjeistus sähköturvallisuuden edistämiskeskusten sivustolla. Viitattu 8.5.2015. http://www.stek.fi/sahkoturvallisuus/sahkolaitteiden_ip_luokitus/fi_FI/ip_numeroiden_merkitys/

Kamrani, A. K., Azimi, M., Al-Ahmari, A. M. 2013. Methods in Product Design. United States of America: Taylor & Francis Group, LLC.

Kuikka, J. 2015. Pesuteknon historia. Pesutekno Oy:n liiketoiminnanjohtajan sähköpostiviesti 9.4.2015. Vastaanottaja: Jesse Mäkinen. Viestissä selvennetään yrityksen historiaa.

Laser cutting. 2015. Artikkelin Aga:n sivustolla. Viitattu 3.5.2015. http://www.aga.fi/en/processes_ren/cutting/laser_cutting/index.html

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E., Hultin, S. 2011. Ohutlevy-tuotteiden suunnittelijan käsikirja. Tampere: Tammerprint.

Sheet metal bending. N.d. Artikkel The library of manufacturing:n sivustolla. Viitattu 5.5.2015. http://thelibraryofmanufacturing.com/sheetmetal_bending.html

Sheet metal forming. 2009. Artikkel Custompartnet:n sivustolla. Viitattu 4.5.2015. <http://www.custompartnet.com/wu/sheet-metal-forming>

Elintarviketeollisuuden tuotteet. 2012. Tuoteluettelo Pesutekno Oy:n sivustolla. Viitattu 24.4.2015 <http://www.pesutekno.fi/food/fi/Tuotteet>

Lääketeollisuuden tuotteet. 2012. Tuoteluettelo Pesutekno Oy:n sivustolla. Viitattu 24.4.2015 <http://www.pesutekno.fi/pharmaceutical/fi/Tuotteet>

Ulrich, K. T. & Eppinger, S. D. 2012. Product design and development. 5. p. United States of America: McGraw-Hill Inc.

What is nesting software?. 2015. Artikkel Otimize Nesting:n sivustolla. Viitattu 17.5.2015. <http://www.otimizenesting.com/2010/07/18/what-is-nesting-software/>

What is plasma?. 2015. Artikkel Hypertherm:n sivustolla. Viitattu 26.4.2015. https://www.hypertherm.com/en/Training_and_education/Intro_to_plasma/What_is_plasma/what_is_plasma.jsp

Liitteet

Liite 1: MAHTI-pesukoneen elintarvikeversion esite



PESUTEKNO
ELINTARVIKETEOLLISUUS



RAKENNE

- Pesukammion tilavuus: 0,458 m³
- Tilaa 42 pesutelineelle

Melutaso

- 66 dB

Mitat

- Lev. 1200 Syv. 790 Kork. 1680 (mm)

Paino

- 230 kg

Materiaali

- Ruostumatonta terästä AISI 304

Muuta

- Pesukammion alapuolelle on varattu tilaa pesuainesäiliölle max. 20L

LIITÄNNÄT

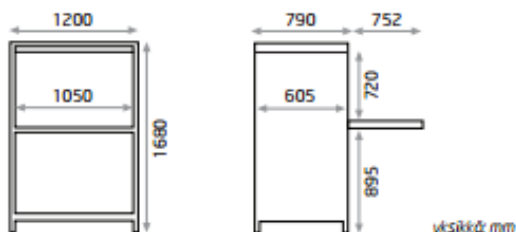
- Tulovesi: 3/4 "liitäntä"
- Max +85 °C käyttövesi
- Liitettävissä: Ø 35 mm putkeen, automaattinen pumpu
- Pesuveden polsto: liitettävissä Ø 35 mm putkeen
- Paineilmaliitäntä 1/2 "
- Sähköliitäntä 230 / 415 V 3 N ~
- Sulake 3 x 35 A
- Teho 23,5 kW
- saatavilla 4 tai 5 -johdinsyöttö
- Valinnainen taajuus 60 Hz

MAHTI

Monipuolisuutta ja vaikuttavaa tehoa

- Koneissamme puhdistuvat ja desinfioituvat vaivattomasti likaiset käsineet, veitset, leikkuulaudat ja koneenosat.
- Desinfioitu, hygieeninen ja puhdas lopputulos +85 °C lämpöasteessa.
- Pesuohjelmien pituudet vaihtelevat n. 9-65 min aikavälillä.
- Ohjelma-ajat ovat säädettävissä eri pesuvaatimuksien mukaan, mukana kosketusnäyttöpaneeli, josta helppo ohjata koneen toimintoja.
- Ohjelmat ovat suunniteltu käytettäväksi ympäristössä, jossa pesutuloksen luotettavuus ja desinfiointi ovat tärkeää
- Saatavilla 4 erillistä pesuohjelmaa. Ohjelman lopussa varmistetaan turvallinen, hygieeninen ja puhdas pesutulos.
- Monipuoliset ja käyttäjäystävälliset pesuohjelmat takaavat erinomaisen hygieniatason.
- Saatavilla myös kahdella eri pesuainesyöttöjärjestelmällä.

Runsaasti ohjelmia joita käytetään maailmanlaajuisesti eri toimialoilla. Mahti pesee suojakäsineet, veitset ja koneenosat täydellisen puhtaaksi. Yhteensä 20 pyörivää suihkutuspäätä kierrättävät vettä tehokkaasti koko pesutilaan. Kehittynyt pesu- ja kierrätysjärjestelmä mahdollistaa paremman tilankäytön ja lisääntyneen kapasiteetin.



Liite 2: MAHTI-pesukoneen lääkeversion esite

PUHTAASTI VAATIVIMPIIN OLOSUHTEISIIN

PESUTEKNO

LÄÄKETEOLLISUUS

MAHTI



ISO 9001 sertifioitu, 14001 ja 18001 yhteensopiva
Valmistettu cGMP säädösten mukaisesti.

PESUTEKNO
LÄÄKETEOLLISUUS

MAHTI

Monipuolisuutta ja vaikuttavaa tehoa



RAKENNE

- Pesukammion tilavuus: 0,53 m³

Pesulämpötila

- +40°C - +85°C

Melutaso

- 66 dB

Mitat

- Lev. 1397 Syv. 742 Kork. 1730 (mm)

Paino

- 335 kg

Materiaali

- Ruostumatonta terästä AISI 316

Muuta

- Pesukammion alapuolelle on varattu tilaa pesuainesäiliölle max. 2 x 20L.

LIITÄNNÄT

- Tulovesi: 3/4 "liitäntä"
- Max +85 °C käyttövesi
- Liitettävissä: ø 35 mm putkeen, automaattinen pumppu
- Pesuveden poisto: liitettävissä ø 35 mm putkeen
- Paineilmaliitäntä 1/2 "
- Sähköliitäntä 230 / 415 V 3 N ~
- Sulake 3 x 35 A
- Teho 23,5 kW
- saatavilla 4 tai 5 -johdinsyöttö
- Valinnainen taajuus 60 Hz

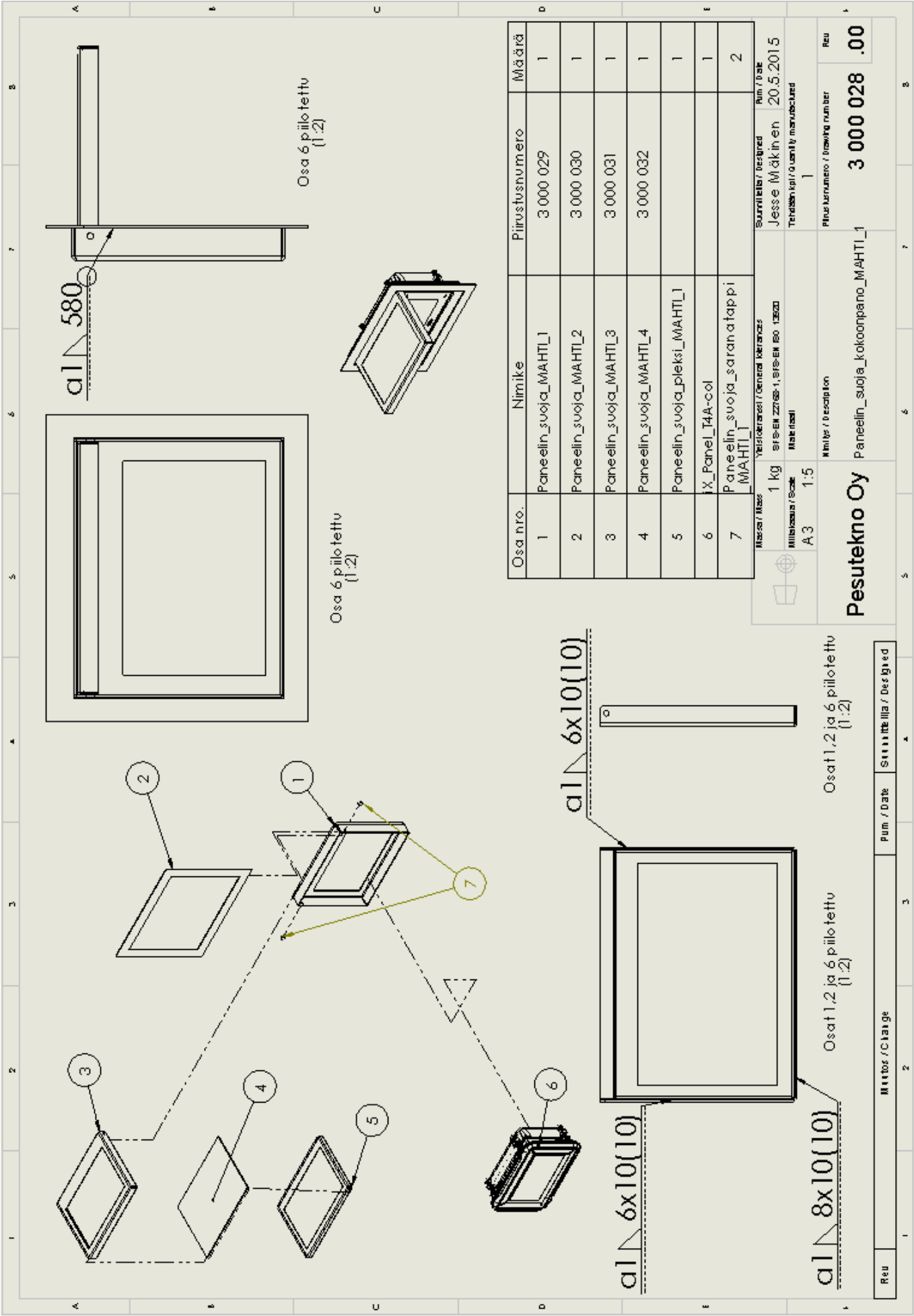
- Ohjelmat ovat suunniteltu käytettäväksi ympäristössä, jossa vaaditaan sairaalahygienian tasoista puhtautta.
- 10 helposti muokattavissa olevaa ja ohjelmaa.
- Kosketusnäyttöpaneeli, josta helppo ohjata koneen toimintoja.
- Höyrynpisto tuulettimella.
- Tulo- ja pesuveden näytteenottohanat.
- Sähköisesti ohjattavat ovenlukitusmekanismit.
- Paineilmaliitäntä koneen sisäisten osien kuivaamiseen.
- Monipuoliset ja käyttäjäystävälliset pesuohjelmat takaavat erinomaisen hygieniatason.

Runsaasti ohjelmia joita käytetään maailmanlaajuisesti lääketeollisuudessa ja sairaalaympäristössä. Yhteensä 20 pyörivää suihkutuspäätä kierrättävät vettä tehokkaasti koko pesutilaan. Kehittynyt pesu- ja kierrätysjärjestelmä mahdollistaa paremman tilankäytön ja lisääntyneen kapasiteetin.

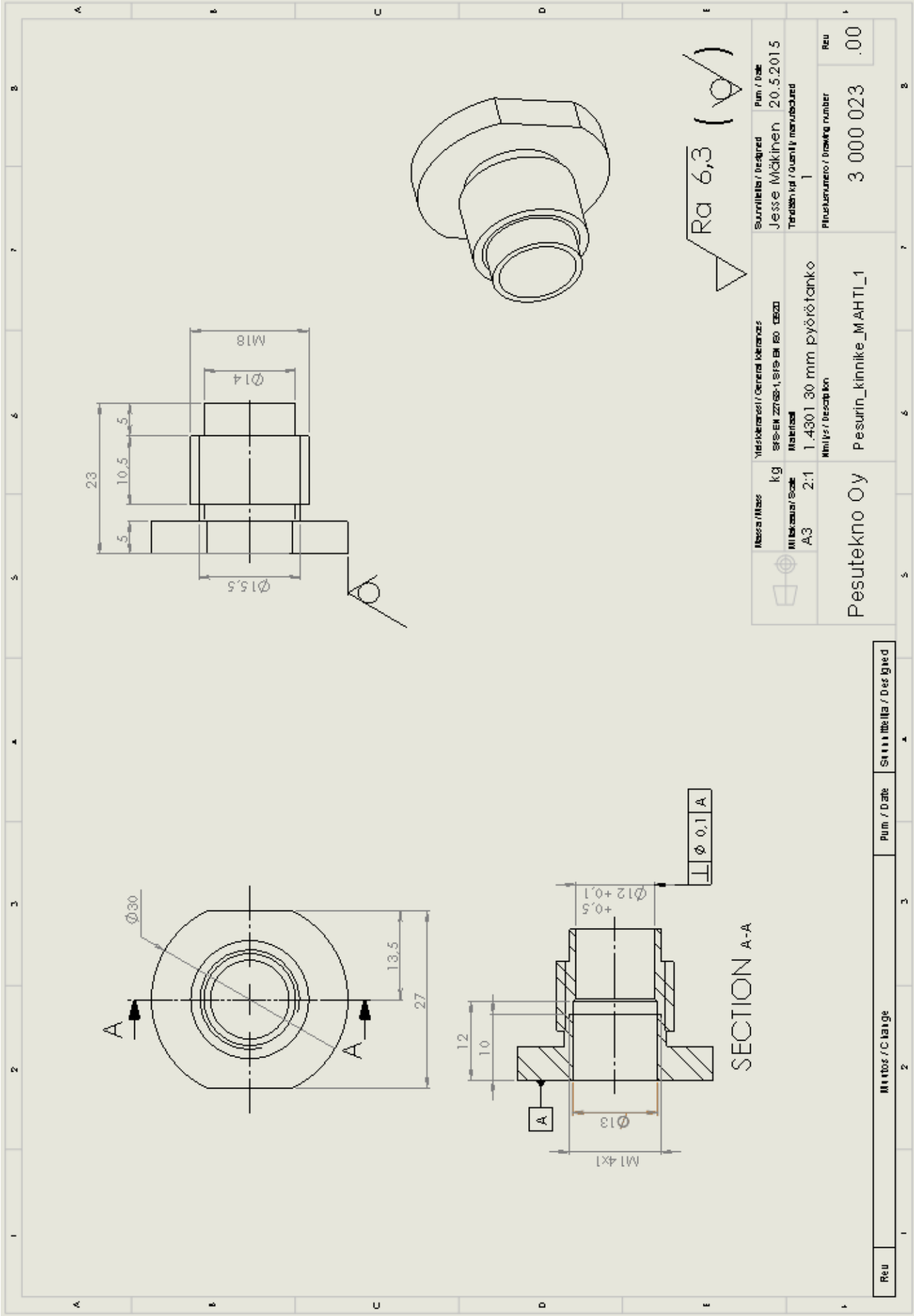
MAHTI täyttää korkean hygieniavaatimuksen rajan jota vaaditaan lääketeollisuudessa ja sairaalaolosuhteissa, jossa ensiluokkainen puhtaus ja bakteerivapaa pesutulos ovat välttämättömiä.



Liite 3: Käyttöpaneelin suojakotelon kokoonpanopiirustus



Liite 4: Koneistettava osa pesurin kiinnikkeeseen



Liite 5: MAHTI-pesukoneen kokoonpanon osaluettelo

Nimike	Nimike	Nimike	Osa nro.	Piirustusnumero	Materiaali	Määrä	Valmistaja
Kokoonpano_MAHTI				3 000 000			Pesutekno Oy
Räjäytyskuva_MAHTI_1				3 000 040			
	Konealusta_MAHTI_1		1	3 000 001	1.4301	1	Finlead Oy
	Sivuverhopelti_ala_oikea_MAHTI_1		2	3 000 002	1.4301	1	Finlead Oy
	Sivuverhopelti_ala_vasen_MAHTI_1		3	3 000 003	1.4301	1	Finlead Oy
	Etulevy_MAHTI_1		4	3 000 004	1.4301	1	Finlead Oy
	Pesutila_MAHTI_1		5	3 000 005		1	Pesutekno Oy
		Pesutilan_seinat_MAHTI_1	5/1	3 000 006	1.4301	1	Finlead Oy
		Pesutilan_kansi_MAHTI_1	5/2	3 000 007	1.4301	1	Finlead Oy
		Pesutilan_pohja_lääke_1	5/3		1.4301	1	Finlead Oy
		Roiskelista_oikea_lääke_1	5/4		1.4301	1	Finlead Oy
		Roiskelista_vasen_lääke_1	5/5		1.4301	1	Finlead Oy
		Roiskelista_yla_lääke_3	5/6		1.4301	1	Finlead Oy
		Kuusioruuvi M5x12	5/7			19	
		Kuusiomutteri M5	5/8			19	
		Aluslaatta 5 mm	5/9			38	
	Tukikehikko_lääke_1		6			1	Pesutekno Oy
		Rakenneputki_40x20x1,5	6/1		1.4301	2	
		Rakenneputki_40x20x1,5	6/2		1.4301	2	
	Verhopellin_lista_taka_vasen_MAHTI_1		7	3 000 008	1.4301	1	Finlead Oy
	Takaverhopelti_MAHTI_yla_oikea_1		8	3 000 009	1.4301	1	Finlead Oy
	Verhopellin_lista_MAHTI_1		9	3 000 010	1.4301	2	Finlead Oy
	Verhopellin_lista_MAHTI_2		10	3 000 011	1.4301	2	Finlead Oy
	Höyryputki_kokoonpano_1		11			1	Pesutekno Oy
		Putki ø114,3x2	11/1		1.4301	1	
		Pisarailevy_1	11/2		1.4301	1	Finlead Oy
		Pisarailevy_2	11/3		1.4301	1	Finlead Oy
	Jalan_kokoonpano_1		12			4	Pesutekno Oy
		Jalan_kiinnityslevy_1	12/1		1.4301	1	Pesutekno Oy
		Jalan_kierreputki_1	12/2		1.4301	1	
		Jalan_säätötassu_1	12/3		1.4301	1	
	Pesuinatilan_verhopelti_lääke_1		13		1.4301	1	Finlead Oy
	Pesuinatilan_katto_MAHTI_1		14	3 000 012	1.4301	1	Finlead Oy
	Sähkökeskus_MAHTI_1		15	3 000 013	1.4301	1	Pesutekno Oy
		Sähkökeskus_takaosa_MAHTI_1	15/1	3 000 014	1.4301	1	Finlead Oy
		Sähkökeskus_väliosa_MAHTI_1	15/2	3 000 015	1.4301	1	Finlead Oy
		Sähkökeskus_etuosa_MAHTI_1	15/3	3 000 016	1.4301	1	Finlead Oy
		Sähkökeskus_tiiviste_1	15/4			1	
		Sähkökeskus_suojalevy_MAHTI_1	15/5	3 000 017	1.4301	1	Finlead Oy
		Niittimutteri M5	15/6			4	
		Kuusioruuvi M5x12	15/7			4	
		Aluslaatta_5mm	15/8			4	

	Jakotukki_MAHTI_proto_2		Jakotukki_runko_MAHTI_proto_2	16	3 000 018		1	Pesutekno Oy
			Jakotukki_kansi_MAHTI_proto_2	16/1	3 000 019	1.4301	1	Finlead Oy
			Jakotukki_pohja_MAHTI_proto_2	16/2	3 000 020	1.4301	1	Pesutekno Oy
			Jakotukki_pohja_MAHTI_proto_2	16/3	3 000 021	1.4301	1	Pesutekno Oy
			Putkiyhde ø48,3x2,6	16/4		1.4301	1	
			Hitsattava letkukara ø13,5	16/5		1.4301	18	
	Sisäjohte_kokoonpano_1			17		1.4301	2	
	Oven_kokoonpano_lääke_1			18		1.4301	1	Pesutekno Oy
	Pesurin_kiinnike_kokoonpano_MAHTI_1			19	3 000 022		18	Pesutekno Oy
			Pesurin_kiinnike_MAHTI_1	19/1	3 000 023	1.4301	1	
			Putkijatke 90° tai putkijatkekara 1/2"	19/2			1	
			Kuusiomutteri M18	19/3			1	
	Sivuverhopelti_yla_MAHTI_1			20	3 000 024	1.4301	2	Finlead Oy
	Kansiverhopelti_MAHTI_1			21	3 000 025	1.4301	1	Finlead Oy
	Sähkökaapin_etulevy_MAHTI_1			22	3 000 026	1.4301	1	Finlead Oy
	Pesusainekaapin_etulevy_MAHTI_1			23	3 000 027	1.4301	1	Finlead Oy
	Takaverhopelti_alas_lääke_1			24		1.4301	1	Finlead Oy
	Takaverhopelti_ylös_lääke_1			25		1.4301	1	Finlead Oy
	Paneelin_suoja_kokoonpano_MAHTI_1			26	3 000 028	1.4301	1	Pesutekno Oy
			Paneelin_suoja_MAHTI_1	26/1	3 000 029	1.4301	1	Finlead Oy
			Paneelin_suoja_MAHTI_2	26/2	3 000 030	1.4301	1	Finlead Oy
			Paneelin_suoja_MAHTI_3	26/3	3 000 031	1.4301	1	Finlead Oy
			Paneelin_suoja_MAHTI_4	26/4	3 000 032	1.4301	1	Finlead Oy
			Paneelin_suoja_pleksi_MAHTI_1	26/5			1	
			Käyttöpaneeli	26/6			1	
			Saranatappi_1	26/7			2	
	Pumpun_pohjakotelo_lääke_1			27		1.4301	1	
	Jakotukki_MAHTI_proto_1			28	3 000 033	1.4301	0	Pesutekno Oy
			Jakotukki_runko_MAHTI_proto_1	28/1	3 000 034	1.4301	0	Finlead Oy
			Jakotukki_takalevy_MAHTI_proto_1	28/2	3 000 035	1.4301	0	Finlead Oy
			Jakotukki_kansi_MAHTI_proto_1	28/3	3 000 036	1.4301	0	Pesutekno Oy
			Jakotukki_pohja_MAHTI_proto_1	28/4	3 000 037	1.4301	0	Pesutekno Oy
			Putkiyhde ø48,3x2,6	28/5		1.4301	0	
			Hitsattava letkukara ø13,5	28/6		1.4301	0	
	Takaverho_alas_MAHTI_1			29	3 000 038	1.4301	0	Finlead Oy
	Takaverho_alas_kotelo_MAHTI_1			30	3 000 039	1.4301	0	Finlead Oy
	Kuusioruuvi_M5x12			35			18	
	Kuusioruuvi_M3x10			36			13	
	Kuusiomutteri M3			40			13	
	Aluslaatta_5mm			45			18	
	Aluslaatta_3mm			46			26	

Liite 6: Cd-levy, jossa valmistuspiirustukset

Liite poistettu julkisesta versiosta.